

Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń górniczych w świetle doświadczeń

Omówiono problemy wynikłe w pracy urządzeń podczas oceny ich funkcjonowania w trakcie badań kompatybilności elektromagnetycznej, m.in. na przykładzie wyrobów przeznaczonych do pracy w podziemiach kopalń. Badania zostały wykonane w Laboratorium Badań Kompatybilności Elektromagnetycznej (EMC) w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG w Katowicach. Prezentowane wyniki badań/pomiarów są efektem testów przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych i nie dotyczą wyników badań/pomiarów urządzeń wykonywanych poza siedzibą laboratorium – w miejscu instalacji urządzeń, tzw. pomiarów IN SITU. Problemy przedstawiono na przykładach badań odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych [9] (Electrical Fast Transient EFT/BURST), zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia [10] oraz na pomiarach elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych [8]. Ze względu na poufność informacji (polityka jakości akredytowanego laboratorium badawczego), szczegóły dotyczące badanych urządzeń zostały utajnione.

1. WSTĘP

Zgodnie z definicją, kompatybilność elektromagnetyczna to zdolność danego urządzenia elektrycznego lub elektronicznego do poprawnej pracy w określonym środowisku elektromagnetycznym i nieemitowanie zaburzeń pola elektromagnetycznego zakłócającego poprawną pracę innych urządzeń pracujących w tym środowisku [1].

Na producencie (lub jego upoważnionym przedstawicielu) mającym siedzibę w krajach UE spoczywa obowiązek wystawienia deklaracji zgodności WE dla danego urządzenia oraz naniesienie oznakowania CE na wyrobie. Oznacza ono zgodność z „wymaganiami zasadniczymi” dyrektyw nowego podejścia, którym podlega dane urządzenie.

Jednym ze sposobów wykazania zgodności z „wymaganiami zasadniczymi” jest ocena zgodności na podstawie badań wykonanych według norm zharmonizowanych z odpowiednią dyrektywą nowego podejścia (na stronie Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, www.pkn.pl, znajdują się wykazy norm zharmonizowanych z odpowiednimi dyrektywami: *Normy a prawo/Dyrektywy i Normy/Dyrektywy „nowego podejścia” wymagające oznakowania CE [11]*).

Normy zharmonizowane z dyrektywą 2004/108/WE (EMC) to normy wyrobów lub grup

wyrobów oraz normy ogólne [3..6] (potocznie nazywane normami środowiskowymi). W normach znajdują się wymagania dotyczące parametrów oraz zakresu badań.

2. RODZAJE BADAŃ I POMIARÓW W ZAKRESIE KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ (EMC)

W badaniach urządzenia na kompatybilność elektromagnetyczną (EMC) rozróżnia się:

- badania odporności na zaburzenia (ocena wrażliwości urządzenia),
- pomiary emisji zaburzeń elektromagnetycznych.

W laboratoriach badawczych, zajmujących się kompatybilnością elektromagnetyczną, wykonuje się szereg badań i pomiarów według odpowiednich norm podstawowych. Najważniejszą grupę stanowią normy z serii PN-EN 61000-4-x (gdzie x oznacza liczbę odnoszącą się do danego typu badania lub pomiaru) oraz część norm z serii PN-EN 550xx.

Wykaz badań odporności wykonywanych w Laboratorium Badań Kompatybilności Elektromagnetycznej w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG przedstawiono w tabeli 1 i 2.

Tabela 1

Wybrane normy dotyczące badań odporności na zaburzenia

L p.	Nr normy	Dotyczy
	PN-EN 61000-4-2	Badania odporności na wyładowania elektrostatyczne
	PN-EN 61000-4-3	Badania odporności na pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej
	PN-EN 61000-4-4	Badania odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych
	PN-EN 61000-4-5	Badania odporności na udary
	PN-EN 61000-4-6	Badania odporności na zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej
	PN-EN 61000-4-8	Badania odporności na pole magnetyczne o częstotliwości sieci elektroenergetycznej
	PN-EN 61000-4-9	Badania odporności na impulsowe pole magnetyczne
	PN-EN 61000-4-11	Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia
	PN-EN 61000-4-12	Badania odporności na tłumione przebiegi sinusoidalne
	PN-EN 61000-4-29	Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia występujące w przyłączy zasilającym prądu stałego

Tabela 2

Wybrane normy dotyczące pomiarów emisji zaburzeń

L p.	Nr normy	Dotyczy
	PN-EN 55011	Pomiar emisji zaburzeń pochodzącej od urządzeń przemysłowych, medycznych i naukowych (PMN)
	PN-EN 55022	Pomiar emisji zaburzeń pochodzącej od urządzeń informatycznych
	PN-EN 55016-1-2	Pomiar zaburzeń przewodzonych
	PN-EN 55016-2-3	Pomiar zaburzeń promieniowanych

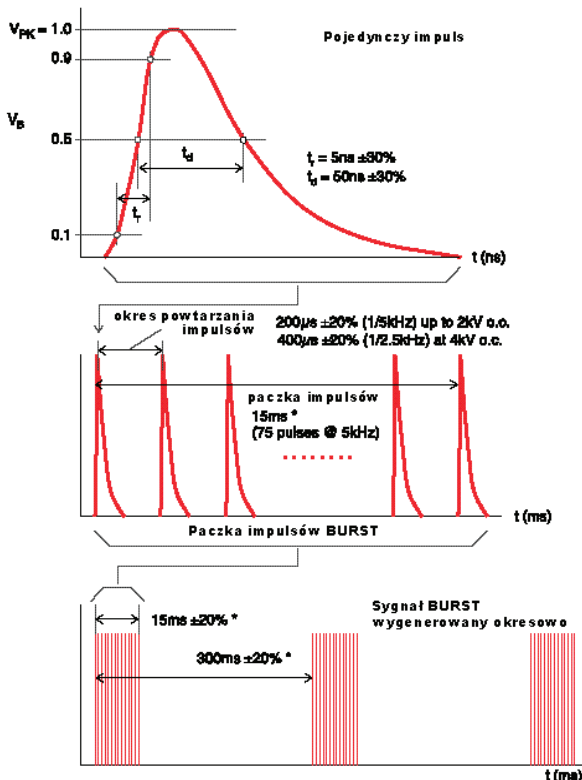
3. WYBRANE PROBLEMY WYNIKŁE PODCZAS BADAŃ EMC

stawiono kształty i parametry czasowe sygnałów EFT/BURST.

3.1. Badanie odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych (*Electrical Fast Transient EFT/BURST*)

Badania odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych (PN-EN 61000-4-4) mają na celu symulację zaburzeń o charakterze nieustalonym, jakie powstają podczas łączeniowych stanów przejściowych (odłączanie obciążeń indukcyjnych, efekt odbijania styków przekaźnika itp.).

Badanie to polega na „wstrzyknięciu” paczek impulsów bezpośrednio w linie (dotyczy portów zasilania) lub sprzęgnięcie w przewód za pośrednictwem specjalnej klamry pojemnościowej (dotyczy portów sygnałowych, WE/WY, komunikacyjnych, sterowania, itp.). Impulsy generowane są w liczbie 75 w paczce z częstotliwością 5 kHz (lub 100 kHz) w okresach 300 ms. Na rysunku 1 przed-



Rys. 1. Kształty i parametry czasowe zaburzeń serii szybkich elektrycznych stanów przejściowych (EFT/BURST)

Normy wyrobów lub grupy wyrobów (m.in. dla urządzeń przeznaczonych do pracy w środowisku przemysłowym) wymagają przeprowadzenia testów odporności na serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych na przyłączy zasilania przy amplitudzie ± 2 kV.

W Laboratorium Badań Kompatybilności Elektromagnetycznej w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG bada się odporność urządzenia na zaburzenia o amplitudzie impulsów do $\pm 7,5$ kV (na przyłączy zasilania do 300 V AC/DC).

W wyniku wieloletnich doświadczeń stwierdza się, iż w przypadku urządzeń przeznaczonych do pracy w podziemiach kopalń, dobrą praktyką są testy urządzeń przy wyższych poziomach niż wymaga norma, np. PN-EN 61000-6-2 (dla urządzeń pracujących w środowisku przemysłowym).

Jako przykład omówiono urządzenie transmisyjne, w którym przy testach na przyłączy zasilania dla poziomu probierczego ± 2 kV (zgodnego z wymaganiami normy PN-EN 61000-6-2) nie występowały żadne zakłócenia.

Po zainstalowaniu i uruchomieniu w jednej z kopalń, urządzenie zawieszało się, blokując pracę innych urządzeń. Po ponownych badaniach EMC ustalono, iż przyczyną zakłóceń pracy urządzenia są wyższe poziomy zaburzeń występujących w miejscu

instalacji o charakterze podobnym do BURST (ok. ± 4 kV), w porównaniu z poziomami określonymi w wymienionej normie (± 2 kV). Dodatkowe badania inżynierskie oraz modyfikacja urządzenia pozwoliły na zwiększenie odporności urządzenia na impulsy typu BURST do poziomu ± 5 kV, co spowodowało, że ponowne zakłócenia w pracy urządzenia nie wystąpiły.

3.2. Badanie odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia

Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia (PN-EN 61000-4-11) mają na celu symulację zaburzeń występujących w sieci, wywołanych zwarciami w instalacjach lub nagłymi dużymi zmianami obciążenia, powodowane stale zmieniającymi się obciążeniami przyłączanymi do sieci.

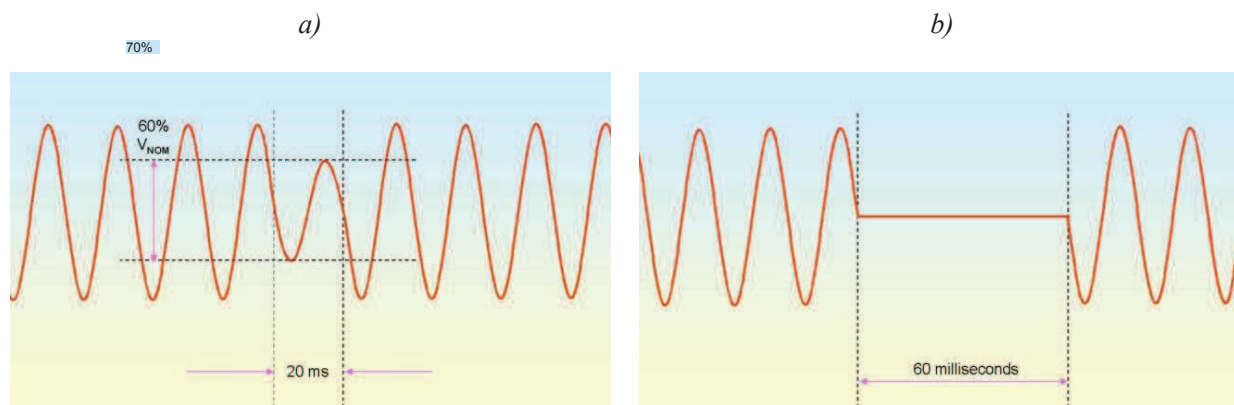
Badanie polega na obniżeniu napięcia zasilania AC (lub płynnych zmianach napięcia zasilania) według parametrów zapadów napięcia (% zapadu w stosunku do napięcia znamionowego oraz czas trwania zapadu), które są określone w normach z wymaganiami. W tabeli 3 przedstawiono przykładowe parametry zapadów napięcia, a na rysunku 2 graficzną wizualizację tego typu zaburzeń.

Tabela 3

Przykładowe parametry zapadów napięcia, krótkich przerw i zmian napięcia

Lp.	Norma wyrobu (grupy wyrobów)			
	PN-EN 61000-6-1:2008	PN-EN 61000-6-2:2008	PN-EN 61326-1:2009	X (dowolne)
1.	0% U_N /10 ms	0% U_N /20 ms	0% U_N /0 ms	np. 40% U_N /500 ms
2.	0% U_N /20 ms	40% U_N /200 ms	0% U_N /200 ms	
3.	70% U_N /500 ms	70% U_N /500 ms	70% U_N /500 ms	
4.	0% U_N /5000 ms	0% U_N /5000 ms	0% U_N /5000 ms	

U_N – znamionowe napięcie zasilania



Rys. 2. Graficzna wizualizacja zaburzenia: a) zapadu napięcia do poziomu 70 % U_N na czas 20 ms, b) zapadu napięcia do poziomu 0% U_N na czas 60 ms [13]

Tabela 4

Wybrane wartości dopuszczalne dla pomiaru elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych

Zakres częstotliwości	PN-EN 55011 klasa A i PN-EN 61000-6-4		PN-EN 55011 klasa B i PN-EN 61000-6-3	
	odległość pomiarowa		odległość pomiarowa	
	10 m	3 m	10 m	3 m
	Limit dB(μ V/m)		Limit dB(μ V/m)	
Od 30 MHz do 230 MHz	40	50	30	40
Od 230 MHz do 1 GHz	47	57	37	47

Większość norm wyrobów lub grupy wyrobów wymaga testowania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia. W zależności od normy wyrobu, wymagane są testy odporności przy różnych parametrach % U_N (U_N – napięcie znamionowe) zapadu napięcia i czasu trwania tego zapadu.

Aparatura, będąca na wyposażeniu laboratoriów badawczych zajmujących się badaniami EMC, niestety nie umożliwia wykonania testów odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia zasilania dla napięć wyższych niż 3×400 V AC.

Jako przykład omówiono przypadek urządzenia sterującego, zasilanego napięciem 42 V AC. Urządzenie to zostało zbadane w laboratorium pod kątem spełnienia wymagań normy PN-EN 61000-6-2 dla urządzeń przeznaczonych do pracy w środowisku przemysłowym. Dla wszystkich poziomów probier-

czych wymaganych przez tę normę nie wystąpiły zakłócenia w pracy urządzenia.

Po instalacji urządzenia w jednej z kopalń, omawiane urządzenie, wyposażone w kilkanaście przekładników zatraskowych, zawieszało się podczas pracy, blokując pracę innych urządzeń współpracujących z tym urządzeniem. Inny egzemplarz tego urządzenia podobnie działał w nieprawidłowy sposób.

Kilkudniowe badania konstruktorskie pozwoliły na wykrycie przyczyny zakłóceń, które występowały dla zapadu napięcia o wartości 40 % U_N (U_N – napięcie znamionowe) przy czasie 500 ms (kolumna oznaczona jako X w tabeli 3). Po wykryciu przyczyny nieprawidłowej pracy urządzenia i jej wyeliminowaniu, ponowne zakłócenia w pracy omawianego urządzenia nie pojawiły się.

3.3. Pomiar elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych

Pomiar elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych (potocznie emisji promieniowanej) wymagany jest przez większość norm wyrobów lub grup wyrobów w zakresie częstotliwości pomiarowych od 30 MHz do 1 GHz (dla urządzeń informatycznych nawet do 6 GHz). Zmierzone wartości natężenia pola elektromagnetycznego nie powinny przekraczać przyjętych wartości dopuszczalnych. Najczęściej określa się dwa limity dopuszczalne – dla urządzeń klasy A (np. pracujących w środowisku przemysłowym) oraz klasy B (np. pracujących w środowisku mieszkalnym, handlowym i lekko uprzemysłowionym). W tabeli 4 przedstawiono wartości dopuszczalne dla wymienionych klas dla dwóch odległości pomiarowych (10 m i 3 m).

W Laboratorium Badań Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG wykonuje się pomiary elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych z odległości pomiarowej 3 m.

Dobrym przykładem urządzeń, w których wszystkie zastosowane elementy składowe i podzespoły

posiadają oznaczenie CE, są komputery PC. Doświadczenie wykazało, iż zaledwie 20% dostarczanych do laboratorium zestawów komputerowych spełnia wymagania pomiarów zaburzeń promieniowanych przy pierwszym podejściu. Najprostszym sposobem obniżenia emisji promieniowanej jest taki dobór podzespołów (karty grafiki, pamięci, karty dźwiękowej itp.), aby wynik pomiaru znajdował się w dopuszczalnym zakresie.

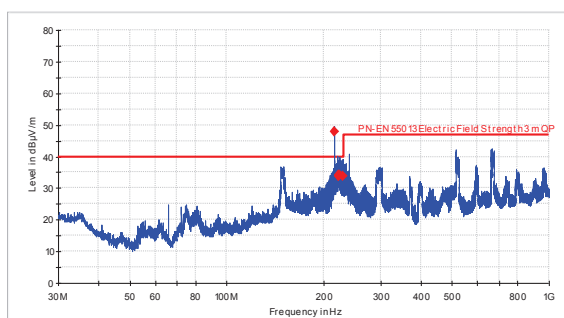
Na rysunku 3a, b, c, d przedstawiono przykładowe wyniki pomiaru elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych dla komputerów klasy PC, a na rysunku 4a, b dla urządzenia przeznaczonego do pracy w środowisku przemysłowym.

Przedstawione przykłady miały na celu wykazanie, że należy zachować ostrożność w akceptowaniu urządzeń posiadających oznakowanie CE, ponieważ:

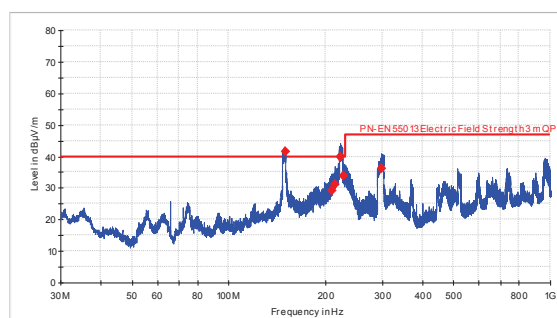
$$CE + CE \neq CE$$

Po złożeniu urządzenia z podzespołów posiadających CE warto jest więc zweryfikować poprzez badania jego kompatybilności elektromagnetycznej (EMC).

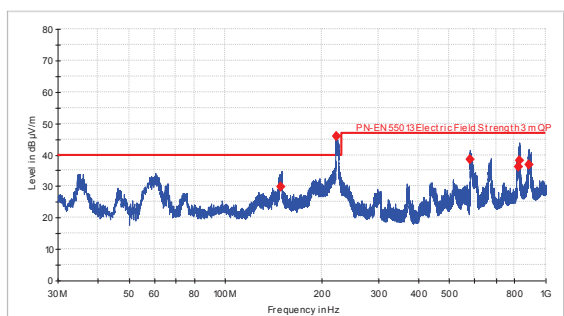
a)



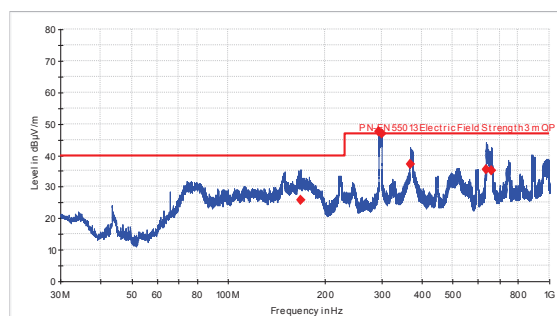
b)



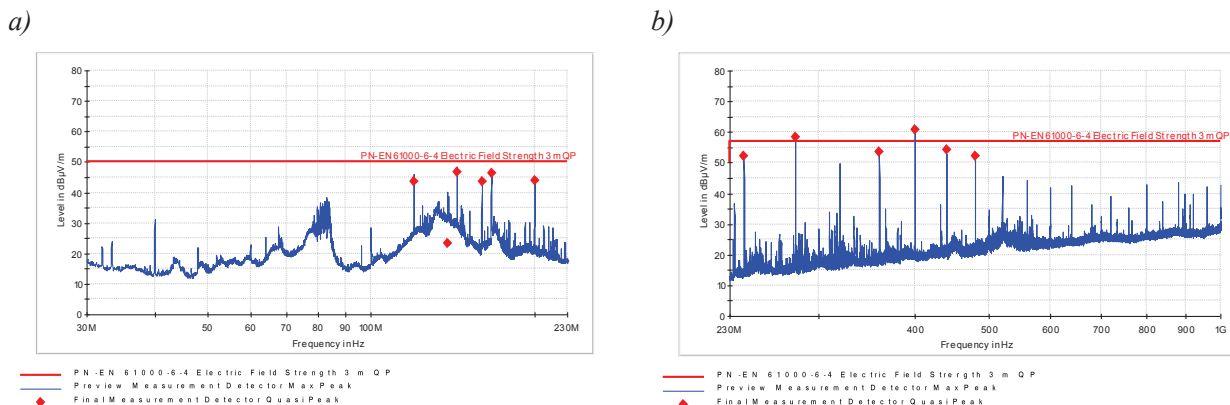
c)



d)



Rys. 3.(a, b, c d) Wyniki pomiarów elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych dla różnych zestawów komputerowych [źródło: archiwum własne]



Rys. 4. (a, b) Wyniki pomiarów elektromagnetycznych zaburzeń promieniowanych dla urządzenia przeznaczonego do pracy w środowisku przemysłowym, zawierającego elementy informatyczne (klawiatura, komputer PC, ekran dotykowy) [Źródło: archiwum własne]

4. PODSUMOWANIE

W tekście opisano wybrane badania (pomiar) z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń górniczych. W przykładach zwrócono uwagę na przypadki zachowania zgodności w odniesieniu do odpowiednich norm oraz weryfikację tej zgodności

w odniesieniu do stanu rzeczywistego w miejscu instalacji wyrobu. Wykazano, iż poziomy probierze ustalane w normach z wymaganiami są ustalane na zasadzie kompromisu pomiędzy warunkami rzeczywistymi (wynik statystyczny pomiarów zaburzeń elektromagnetycznych występujących w różnych lokalizacjach), możliwościami technicznymi (dostępna aparatura na rynku) oraz kosztem badań i elementów ograniczających wpływ zaburzeń.

Wyniki badań i pomiarów uzyskane podczas testów EMC urządzeń w Laboratorium Badań Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG w Katowicach pokrywają się z pomiarami wykonanymi przez zespół badawczy z Instytutu Łączności – PIB 2.

Zwrócono również uwagę, iż wykorzystanie podzespołów posiadających oznakowanie CE niekoniecznie musi oznaczać, iż wyrób finalny bez dodatkowych zabiegów (w postaci filtrów, obudów, ekranów itp.) będzie spełniał wymagania. Oznaczenie CE jest nadawane przez producenta danego urządzenia, stąd konieczność wyważenia poziomu zaufania do producentów danych podzespołów, które montowane są w produkowanych wyrobach.

Literatura

1. USTAWA z dnia 13 kwietnia 2007 r. o kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. U. z dnia 11 maja 2007 r. Nr 82 poz. 556).
2. Kompatybilność elektromagnetyczna i bezpieczeństwo funkcjonalne w kopalniach. Sprawozdanie Z21/1009/21 30 002 6/(67/2006), Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy, dr inż. Mirosław Pietranik, 2006.
3. Norma PN-EN 61000-6-1:2008.
4. Norma PN-EN 61000-6-2:2008.
5. Norma PN-EN 61000-6-3:2008.
6. Norma PN-EN 61000-6-4:2008.
7. Norma PN-EN 61326-1:2009.
8. Norma PN-EN 55011:2010 + A1:2010.
9. Norma PN-EN 61000-4-4:2010 + A1:2010.
10. Norma PN-EN 61000-4-11:2007.
11. www.pkn.pl
12. <http://www.electronics-project-design.com/ElectricalFastTransient.html>
13. http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/991215.htm#_Toc7417948

Recenzent: dr inż. Leszek Kasprzyczak