

Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) elektrycznych i elektronicznych instalacji obrabiarek

Cz. 3. Sposoby pomiarów

KRZYSZTOF ŁAKOMIEC, SŁAWOMIR SPADŁO, JOANNA DUŚ-SPADŁO, RADOSŁAW MIJAS, TEODOR SERWICKI, EWELINA SKOWRON*

W trzeciej części opracowania przedstawiono sposoby realizacji pomiarów podczas badań kompatybilności elektromagnetycznej układów elektrycznych obrabiarek skrawających. Poprawnie przeprowadzone pomiary są warunkiem uzyskania wiarygodnej oceny tej cechy obrabiarek. Pomiary te w dużej mierze są znormalizowane, a w artykule podano aktualne dokumenty z tego zakresu.

Wprowadzenie

Wszelkie urządzenia elektryczne, realizując swoje podstawowe funkcje, przede wszystkim przetwarzanie energii elektrycznej na inny jej rodzaj oddziałują wzajemnie na siebie, często także w sposób niepożądany. Pracy ich towarzyszą nieodłącznie uboczne zjawiska elektromagnetyczne, które stanowią potencjalne źródło zakłócające pracę innych urządzeń. Zjawiska te nazywane są zaburzeniami elektro-magnetycznymi. Ograniczanie ich emisji oraz zabezpieczanie na określonym poziomie urządzeń przed ich skutkami, stanowią istotę kompatybilności elektromagnetycznej poszczególnych urządzeń, do oznaczania której przyjęto akronim – EMC, pochodzący od angielskiej nazwy

tego zagadnienia (*Electro-Magnetic Compatibility*).

Szybki rozwój elektronicznych i mechanicznych podzespołów obrabiarkowych, powoduje, że zapewnienie ich poprawnego działania w otaczającym środowisku przemysłowym nabiera coraz większego znaczenia. Wymaga to zminimalizowania do niezbędnego poziomu zakłóceń generowanych przez te urządzenia, jak również maksymalizacji ich odporności na zakłócenia [1, 8], które mogą być wywołane między innymi podczas wyładowań atmosferycznych, oddziaływania silnych pól magnetycznych itp. Wymagana jest zatem tzw. kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) to jest zdolność urządzenia elektrycznego i elektronicznego lub całego systemu

tych obiektów do działania w środowisku elektromagnetycznym w sposób zadowalający i bez jednoczesnego powodowania zaburzeń elektromagnetycznych, które mogą być niedopuszczalne dla innych urządzeń występujących w tym środowisku [5, 7].

Sprostanie potrzebom przedstawionym w poprzednich częściach opracowania [3, 4] wymaga dysponowania jednostkami badawczymi o określonych możliwościach pomiarowych. Zakres pomiarów, jakich realizację jednostki te powinny zabezpieczać, przedstawiono poniżej.

Badania odporność urządzeń elektrycznych i elektronicznych na zakłócenia elektromagnetyczne EMC

Podstawowym dokumentem podczas badań kompatybilności elektromagnetycznej są normy międzynarodowe opracowane przez IEC (Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna) i CISPR (Międzynarodowy Komitet Specjalny ds. Zakłóceń Radioelektrycznych z siedzibą w Genewie) [9].

* Mgr inż. K. Łakomic, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, dr hab. inż. S. Spadło, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy maszyn, e-mail: sspadlo@tu.kielce.pl, mgr J. Duś-Spadło, MESKO S.A. Skarżysko-Kamienna, mgr inż. R. Mijas, MESKO S.A. Skarżysko-Kamienna, mgr inż. T. Serwicki, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki Automatyki i Informatyki, mgr inż. E. Skowron, MESKO S.A. Skarżysko-Kamienna.

Pomiary emisji zakłóceń

Pomiary emisji zakłóceń służą ustaleniu zdolności urządzenia elektrycznego lub elektronicznego do emisji zakłóceń w znormalizowanych warunkach, w celu porównania uzyskanych wyników z dopuszczalnymi wartościami maksymalnymi, tzw. wartościami granicznymi. W czasie badania zdolności obiektu do emitowania zakłóceń, urządzenie musi być tak eksploatowane, aby osiągnęło najwyższy oczekiwany w trakcie normalnej eksploatacji poziom emisji zakłóceń.

Badania odporności na zakłócenia

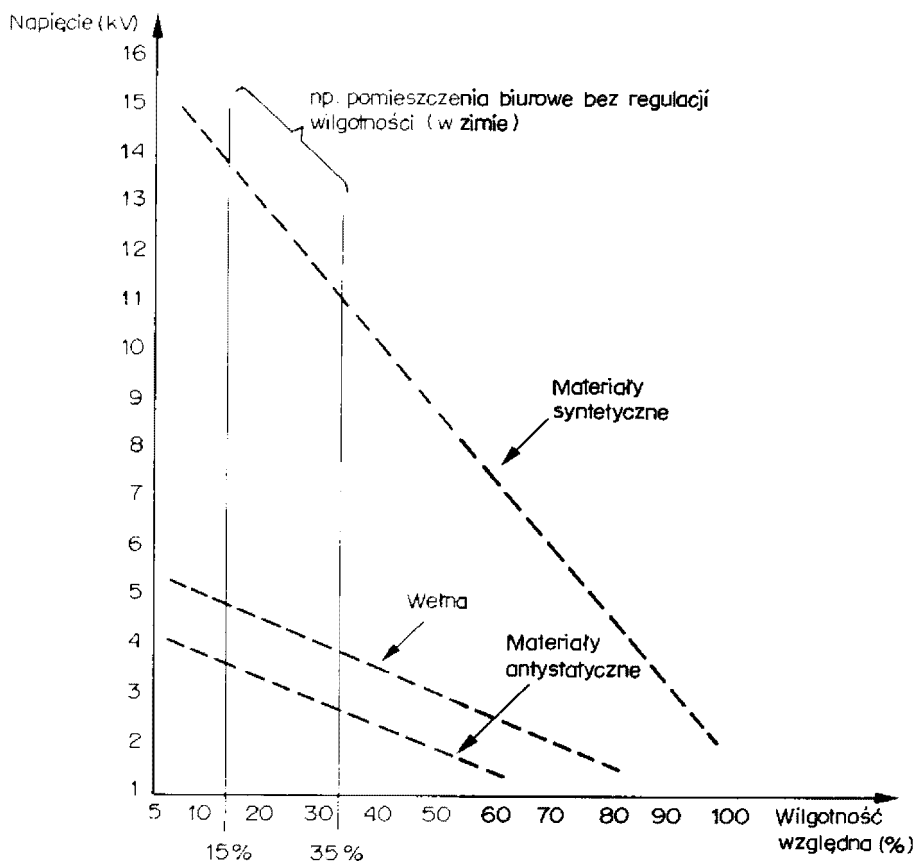
W środowisku elektromagnetycznym, w którym pracują urządzenia elektryczne i elektroniczne można wyróżnić dwie grupy sygnałów zakłócających:

– długotrwałe sygnały sinusoidalne wywołane na przykład przez nadajniki radiowe, urządzenia teletransmisji radiowej lub urządzenia do przesyłania energii; długotrwałe sygnały impulsowe wytwarzane na przykład przez układy prostownicze, zasilacze, urządzenia radarowe, jak również sygnały impulsowe spowodowane zjawiskiem ulotu w liniach wysokiego napięcia.

– pojedyncze sygnały impulsowe, pochodzące na przykład od wyładowań atmosferycznych, wyładowań elektrostatycznych, przebiegów łączeniowych lub zapadów napięcia.

Wyładowania elektrostatyczne ESD, wg IEC 1000-4-2 ([7])

Jednym z najważniejszych źródeł zakłóceń są wyładowania elektrostatyczne osób i urządzeń. Za zakłócające oddziaływanie elektryczności statycznej odpowiedzialne są składowe wysokoczęstotliwościowe zawarte w sygnale zakłócającym, jak również wysokie napięcia występujące w układzie. Człowiek jako nośnik ładunków elektrycznych stwarza ogromne zagrożenie w miejscach, w których odbywa się praca z elementami elektronicznymi lub materiałami wybuchowymi. Ciało operatora może zostać naładowane bezpośrednio lub przez indukcję elektrostatyczną. Wykres przedstawiony na rys. 1 pokazuje wartości napięć do jakich ładują się różne tkaniny zależnie od wilgotności względnej atmosfery.



Rys. 1. Wartości maksymalne napięcia elektrostatycznego do jakich ładują się różne tkaniny zależnie od wilgotności względnej atmosfery [2]

Symulacja zakłóceń za pomocą generatora probierczego ESD

Typowy kształt zmian natężenia prądu wyładowania oraz wartości amplitud napięcia i natężenia prądu rozładowania przedstawiono na rys. 2 i w Tabeli 1.

Zakłócenia pochodzące od przejściowych stanów łączeniowych – serie szybkich elektrycznych zakłóceń impulsowych, wg IEC 1000-4-4 ([8])

Najczęstszym i najbardziej niebezpiecznym źródłem zakłóceń jest wyłącznik, szczególnie w obwodach, w których obciążenie ma charakter indukcyjny. Narażenia tego typu symulowane są powtarzalnymi szybkimi zakłóceniami impulsowymi rys. 3, działającymi na linie zasilania, sygnałowe lub sterowania. W przeważającej liczbie przypadków zakłóceń impulsowych typu „BURST”, sprzężenie za pośrednictwem wypromieniowanych pól może być pominięte,

ponieważ pola te mogą być tłumione w funkcji odległości od źródła zakłóceń.

Dane określające jaki stopień ostrości badań amplitudy napięcia impulsu (225÷4400 V, częstotliwości powtarzania impulsu – 5÷1000 kHz) należy zastosować do określonego obiektu, przyjmuje się z norm rodzajowych lub przedmiotowych. Względnie duża częstotliwość impulsów powtarzania 1 MHz jest trudna do powielania za pomocą generatorów z ustaloną, regulowaną przerwą i dlatego ograniczono ją w normie do 500 kHz.

Wysokoenergetyczne impulsy zakłócające SURGE, wg IEC 1000-4-5

Do najczęściej spotykanych przyczyn uszkodzeń urządzeń wysokiej jakości dochodzi skutek przepięcia, spowodowanego procesami łączeniowymi lub wyładowaniami atmosferycznymi zwanymi wyładowaniami piorunowymi. Impulsy zakłócenia pochodzące od

wyładowań atmosferycznych oznacza się akronimem wynikającym z nazwy w j. angielskim:

LEMP – *Lighting Electro Magnetic Pulse*,

natomiast impulsy zakłóceniewe pochodzące od procesów łączeniowych oznacza się akronimem:

SEMP – *Switching Electro Magnetic Pulse*.

Symulacji wysokoenergetycznych impulsów zakłóceniewych dokonuje się za pomocą generatorów fali kombinowanej (generatora udarowego). Generator taki może wytwarzać impulsy o złożonych, kombinowanych kształtach; w obwodzie otwartym – napięcie o parametrze: czas narastania czoła/do półszczytu równym 1,2/50 s, a w stanie zwarcia natężenie prądu o parametrze równym 8/20 s. Kształt impulsu prądowego w obwodzie otwartym przedstawiono na rys. 4.

Amplitudy napięcia impulsu, w zależności od stopnia ostrości badania wynoszą 0,5–4 kV. Przebieg impulsu napięciowego w stanie zwarcia przedstawiono na rys. 5.

Pole częstotliwości radiowych od 9 kHz do 80 MHz, wg IEC 1000-4-6

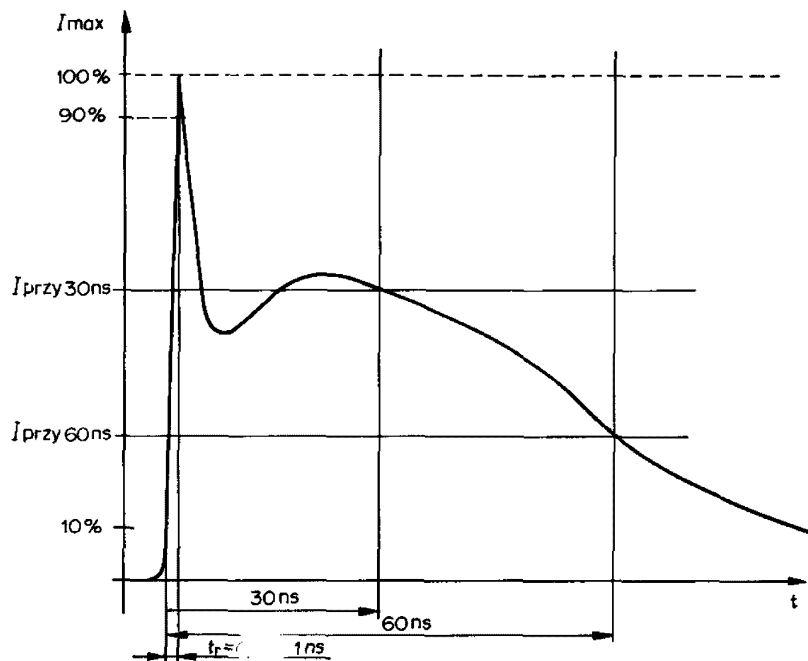
Urządzenia elektryczne i elektroniczne powinny charakteryzować się odpornością na zakłócenia wzbudzone przez pola elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych. W urządzeniach tych przewodzące obudowy, przewody i ekrany przewodów działają jak anteny odbierające fale elektromagnetyczne, przetwarzające je w prądy wielkiej częstotliwości.

Układ probierczy symulacji zakłóceń emitowanych przewodzonych i promieniowanych obejmuje:

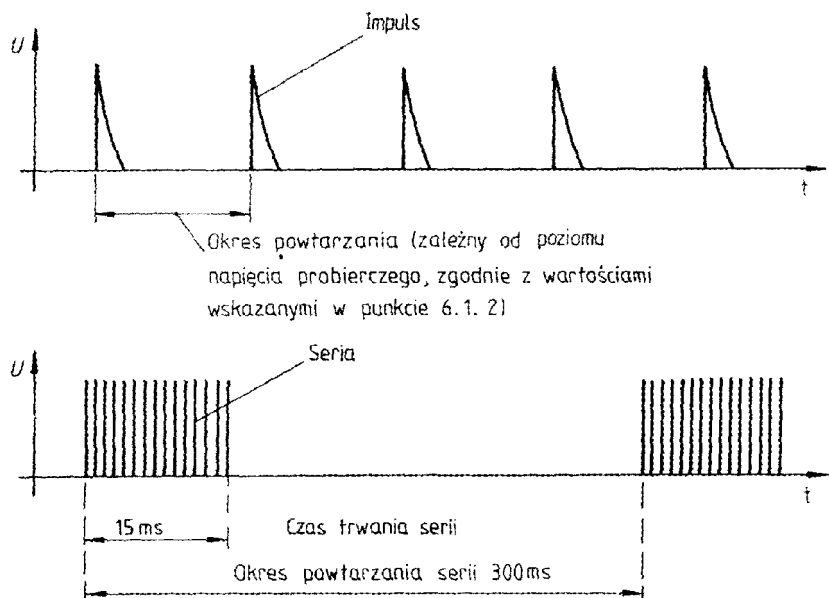
- generator sygnału sinusoidalnego,
- urządzenia sprzęgająco-odsprzęgające (transformator sprzęgający, kondensator sprzęgający itp.),
- dodatkowe człony dopasowujące i zamykające obwody (rezystory 50 lub 150),
- urządzenia pomiarowe do kontroli sprzęgniętej wielkości zakłócającej.

Tabela 1. Amplitudy i tolerancje natężenia prądu rozładowania

Klasa	Napięcie probiercze kV±10%	Wartość szczytowa natężenia prądu A±30%	Natężenie prądu po czasie 30 ns A±30%	Natężenie prądu po czasie 60 ns A±30%
1	2	7,5	4	2
2	4	15,0	8	4
3	6	22,5	12	6
4	8	30,0	16	8



Rys. 2. Typowy kształt fali natężenia prądu wyjściowego generatora ESD [1]



Rys. 3. Przykładowe przebiegi serii szybkich elektrycznych zakłóceń impulsowych [2]

Zakłócenia sieciowe małej częstotliwości, wg IEC 1000-4-11

Do badania zakłóceń sieciowych małej częstotliwości stosuje się dwa rodzaje symulatorów zakłóceń sieciowych:

- transformator regulacyjny z wyłącznikiem elektronicznym. Zaletą tego rozwiązania jest mniejsza cena oraz możliwość używania przy dużych natężeniach prądu, dochodzących do 500 A, wymaganych podczas ponownego załączenia zasilania badanego urządzenia, po uprzednim zaniku napięcia,

- układ ze wzmacniaczem mocy. Występuje dobre odsprężenie od sieci, jak również zwrotne oddziaływanie na sieć nie przekracza dopuszczalnych granic.

Aby w urządzeniu badanym można było wykryć słabe miejsca, generator probierczy, wzmacniacz lub transformator regulacyjny, powinny mieć możliwość dostarczania prądu o natężeniu przynajmniej o 30% większym niż wymagane natężenie prądu załączania.

Pola elektromagnetyczne, wg [9]

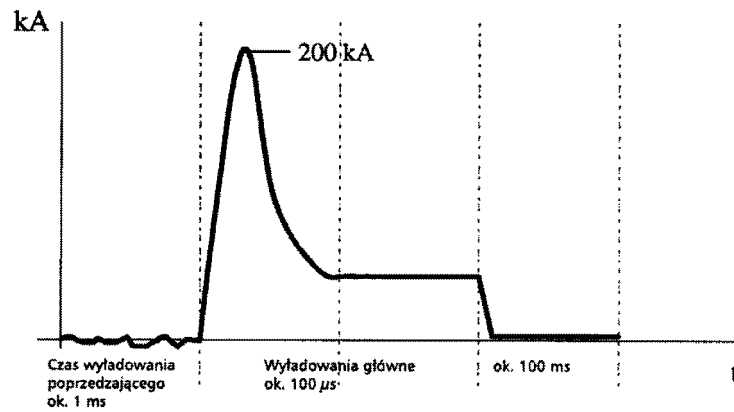
Badanie odporności urządzeń na promieniowanie elektromagnetyczne przeprowadza się w budowanych do tego celu komorach. Typową konfigurację układu pomiarowego przedstawiono na rys. 6.

W badaniach odporności na zakłócenia pola elektromagnetycznego stosuje się następujące poziomy ostrości pola: 1 V/m, 10 V/m, oraz w badaniach specjalnych 30 V/m.

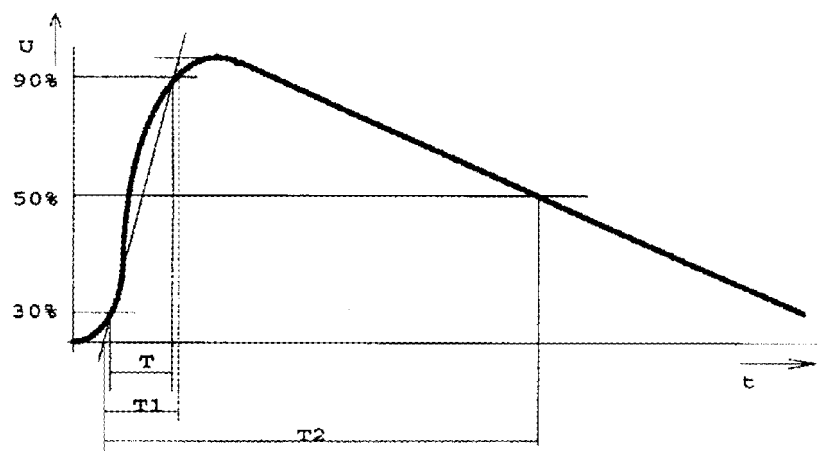
Pola magnetyczne, wg IEC 1000-4-8-9-10

Badania oddziaływania pola magnetycznego wykonuje się dla wyrobów wrażliwych na te oddziaływania, takich jak: monitory, czujniki Halla, mikrofony, itd. Wykonuje się następujące testy odporności na:

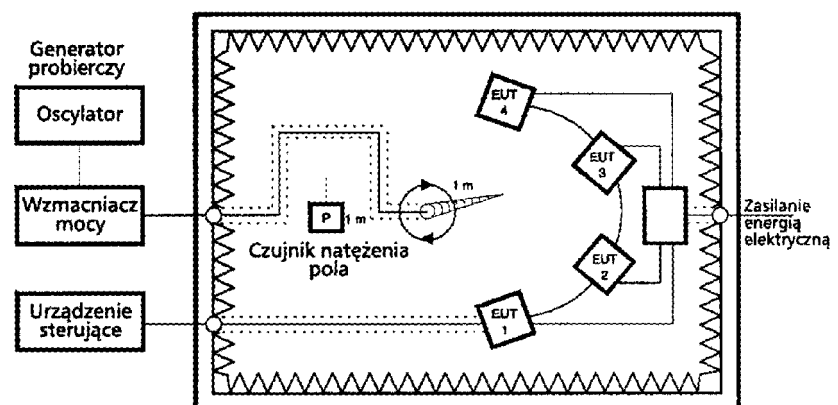
- pole magnetyczne częstotliwości sieciowej (50/60 Hz),
- pole magnetyczne impulsowe - impuls udarowy typu SURGE,
- pole magnetyczne oscylacji tłumionych.



Rys. 4. Kształt impulsu natężenia prądu w obwodzie otwartym [2]



Rys. 5. Kształt impulsu napięciowego w stanie zwarcia [2]



Rys. 6. Konfiguracja układu pomiarowego dla systemu składającego się z kilku jednostek funkcjonalnych [2]

Badania wykonuje się za pomocą probierczej cewki indukcyjnej o wymiarach 1 m x 1 m, lub dla dużych obiektów - cewki wielokrotnej.

Stosowane poziomy ostrości:

- próba długotrwała - 1 ÷ 100 A/m,

- próba krótkotrwała (1 ÷ 3 s) - 100 A/m; 300 A/m; 1000 A/m.

Badanie pola magnetycznego impulsem prądowym typu SURGE przeprowadza się zgodnie z normą IEC 1000-4-5, cewką indukcyjną o wymia-

rach 1 m × 1 m, przy trzech poziomach ostrości natężenia pola w szczycie: 100, 300 i 1000 A/m.

Podsumowanie

Przedstawiony trzyczęściowy cykl artykułów dotyczących różnych aspektów kompatybilności elektromagnetycznej wszelkich maszyn, w tym obrabiarek skrawających, stanowi kompleksowy zbiór wiedzy w tym zakresie.

Wiedza ta jest niezbędna zarówno konstruktorom obrabiarek jak również ich producentom. W fazie konstruowania należy zadbać o niezbędne wyposażenie obrabiarki umożliwiające zminimalizowanie skutków oddziaływania pola elektromagnetycznego, natomiast w fazie wytwarzania niezbędna jest wiedza na ile udało się to osiągnąć.

Poprawność pomiarów zarówno w zakresie metod jak również użytego sprzętu jest niezbędnym warunkiem wiarygodności oceny dokonanej na ich podstawie.

Literatura

1. Katalog firmy CP Clare Corporation. Surge Protection Products. Beverly MA, USA 2000.
2. Lutz M.: Certyfikat CE w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej: praktyczny poradnik. Wydawnictwo Alfa-Weka, Warszawa 1998.
3. Łakomiec K., Spadło S., Duś-Spadło J., Mijas R., Skowron E., Serwicki T.: Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) instalacji elektronicznych obrabiarek. Cz.I. Uwarunkowania prawne. Obróbka Metalu nr 4/2017, s. 19-22.
4. Łakomiec K., Spadło S., Duś-Spadło J., Mijas R., Serwicki T., Skowron E.: Badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) instalacji elektronicznych obrabiarek. Cz. II. Charakterystyka zakłóceń. Obróbka Metalu nr 1/2018, s. 24-29.
5. PN-T-01030. Kompatybilność elektromagnetyczna – Terminologia.
6. PN-86/E-06600. Automatyka i pomiary przemysłowe – Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń. Ogólne wymagania i badania.
7. PN-IEC 801-2. Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń do pomiaru i sterowania procesami przemysłowymi. Wymagania dotyczące wyładowań elektrostatycznych.
8. PN-IEC 801-4. Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń do pomiaru i sterowania procesami przemysłowymi. Wymagania dotyczące serii szybkich elektrycznych zakłóceń impulsowych.
9. PN-IEC 1000-4-3. Kompatybilność elektromagnetyczna. Metody badań i pomiarów. ■