

Andrzej BARCZAK

Zarząd Łączności i Informatyki MON, Warszawa

Lesław MACHERZYŃSKI, Tadeusz SZUSZKIEWICZ, Piotr WOLSKI

Centrum Szkolenia Łączności i Informatyki, Zegrze

OCHRONA ELEKTROMAGNETYCZNA WĘZŁÓW SIECI KOMPUTEROWYCH Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII ELASTYCZNYCH MATERIAŁÓW PRZEWODZĄCYCH

Streszczenie. W referacie rozważa się problematykę celowości oraz sposobów ochrony elektromagnetycznej węzłów sieci komputerowych. Przedstawiono możliwości wyboru istniejących technik ochrony, w tym nie znaną jeszcze powszechnie technologię elastycznych materiałów przewodzących. W oparciu o własne doświadczenia omówiono niektóre zagadnienia dotyczące projektowania i realizacji pomieszczeń ekranowanych elektromagnetycznie.

ELECTROMAGNETIC PROTECTION OF COMPUTER NETWORK CENTERS USING FLEXIBLE CONDUCTIVE MATERIALS

Summary. In this paper electromagnetic protection of computer network centers is considered. Possibilities of choices are presented including not commonly known yet flexible conductive materials technology. Same aspects of designing and realization of shielding rooms are discussed based on practical experiences.

Węzeł sieci komputerowej jako zestaw złożonych urządzeń elektronicznych wytwarza promieniowanie elektromagnetyczne. Jest także wrażliwy na oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego zarówno pochodzenia zewnętrznego, jak i tego, które sam wytwarza. Sprzęt węzłów sieci komputerowych jest projektowany z uwzględnieniem określonych poziomów kompatybilności elektromagnetycznej (np. regulacje FCC I CE). W wielu przypadkach nie stanowi to jednak w pełni zadowalającego rozwiązania problemów w odniesieniu do

węzłów sieci komputerowych. Przykładowo typowe problemy mogą być następujące :

- Wzajemne oddziaływania poszczególnych składników sprzętu w zestawie są trudne do przewidzenia i prowadzą do przekroczenia zakładanych progów kompatybilności.
- Naprawy, rekonfiguracje i przemieszczenia sprzętu naruszają prawidłowy stan.
- Zmienia się niekorzystnie środowisko elektromagnetyczne węzła sieci komputerowej (np. telefony komórkowe, bliskie linie wysokiego napięcia, radiolokacja i radionawigacja, instalacje przemysłowe).
- Występują przypadki oddziaływania zewnętrznych pól elektromagnetycznych znacznie silniejszych niż te, dla których sprzęt był projektowany, w tym w sposób losowy (np. wyładowania atmosferyczne), jak również może mieć miejsce celowe zakłócanie pracy węzła łączności komputerowej (terroryzm EM, działania wojenne).
- Pozostaje do rozwiązania temat zabezpieczenia przed podsłuchem elektromagnetycznym.

Węzły sieci komputerowych powinny być chronione elektromagnetycznie w sposób szczególny, zaś w praktyce konkretna realizacja sposobu ochrony wymaga analizy i oceny ryzyka, zwymiarowania potencjalnych strat oraz kosztów tej ochrony.

Zjawisko promieniowania elektromagnetycznego - a zatem i potrzeby ekranowania w odniesieniu do bezpieczeństwa sieci i węzłów systemów komputerowych ma co najmniej dwa aspekty:

- Sprzęt elektroniczny będący na wyposażeniu węzła sieci komputerowej nie powinien być podatny na promieniowanie elektromagnetyczne występujące w jego otoczeniu. Jest to podstawowy warunek uzyskania stabilności i niezawodności pracy węzła. Należy przy tym mieć na uwadze, że tak zwane „normalne” środowisko pracy jest w coraz większym stopniu „zaśmiecanie” elektromagnetycznie zarówno przez typowe nadajniki (np. telefony komórkowe), jak również urządzenia przemysłowe i sprzęt powszechnego użytku. W stosunku do niektórych węzłów może istnieć potrzeba przeciwdziałania celowym próbom zakłócania na drodze elektromagnetycznej.
- Promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez sprzęt pracujący w węźle jest nośnikiem przetwarzanych danych, w tym takich, które powinny pozostać poufne, tajne lub ściśle tajne ze swej natury lub z uwagi na potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania węzła.

Znane są trzy podstawowe kierunki poszukiwań rozwiązań problemu bezpieczeństwa systemów w aspekcie promieniowania elektromagnetycznego. Jest to:

- Stosowanie wydzielonych stref na tyle przestrzennie rozległych, aby wypromieniowana energia elektromagnetyczna uległa naturalnemu rozproszeniu w ich obrębie do poziomu uznanego za bezpieczny, bądź aby docierające promieniowanie spoza strefy zostało wystarczająco rozproszone i wytłumione.

- Konstruowanie sprzętu, którego poziom emisji elektromagnetycznej byłby na tyle mały, że przechwycenie tą drogą przetwarzanych danych można by było uznać za praktycznie niemożliwe w sensie technologicznym lub też wymaganych nakładów. Powyższe rozumowanie odnosi się także do odporności sprzętu na zakłócenia.
- Ekranowanie, tj. konstruowanie hermetycznych osłon z materiałów charakteryzujących się dobrą tłumiennością i/lub współczynnikiem odbicia.

Osłona może mieć postać różnego rodzaju obudów. Najwygodniejszym i radykalnym rozwiązaniem w warunkach stacjonarnych węzła sieci komputerowej jest w szczególności pomieszczenie ekranowane elektromagnetycznie.

Zespół autorski zajął się zagadnieniem zapewnienia bezpieczeństwa węzłów sieci komputerowych poprzez ekranowanie.

Tradycyjne rozwiązanie ekranowania elektromagnetycznego polega na zamykaniu sprzętu i osprzętu węzła wraz z obsługą w tzw. „klatce Faradaya”, to jest elektromagnetycznie hermetycznej przestrzeni w postaci kabiny obudowanej ze wszystkich stron blachą stalową.

Podstawowymi wadami tego typu technologii jest:

- uciążliwość realizacji projektu z uwagi na ciężar elementów konstrukcyjnych oraz potrzebę bardzo precyzyjnego połączenia poprzez spawanie i/lub skręcanie, stosowanie specjalnych uszczelnień elektromagnetycznych, potrzebę stałego diagnozowania szczelności elektromagnetycznej na skutek niebezpieczeństwa przemieszczania się elementów;
- ograniczona przestrzeń możliwa do uzyskania w tej technologii „klatki Faradaya” to typowe budowane kabiny 2x3 m.

W związku z powyższym technologia ta może mieć zastosowanie do stosunkowo niewielkich ilości sprzętu węzła i na ogół narzuca potrzebę wydzielenia w ramach węzła podsystemu podlegającego szczególnej ochronie. Ponadto przy zastosowaniu rozwiązań opartych na kabinach metalowych należy uwzględnić wymogi konstrukcyjno - montażowe oraz konieczność zachowania w bezpośrednim otoczeniu kabiny określonej przestrzeni pomiarowo - technologicznej, co zwykle wiąże się z dużą stratą przestrzeni pomieszczenia, w którym instalowana jest kabina.

Stosowanie kabin metalowych wymaga także planowania instalacji takiej kabiny już na etapie projektowania budynku z uwagi na obciążenia stropów i technologię montażu kabin. W wieku przypadkach zastosowanie tej technologii w już istniejących budynkach jest niemożliwe. Praca personelu obsługującego węzeł zamkniętego w kabinie metalowej nie zapewnia podstawowych wymagań ergonomicznych. Może być też niebezpieczna z uwagi na fakt przebywania ludzi w zamknięciu i izolacji, niemożność natychmiastowej ewakuacji oraz natłok sprzętu i urządzeń. Kabina stwarza problemy utrzymania właściwej temperatury i wymiany powietrza. Tak nienaturalne otoczenie miejsca pracy może wywoływać i potęgować stresy psychiczne.

W odniesieniu do węzłów sieci komputerowych stosowanie rozwiązań w postaci kabin metalowych przy prawidłowym ich montażu i eksploatacji zapewnia ochronę elektromagnetyczną w bardzo wysokim stopniu. Z wymienionych powodów nie można jednak uznać, że może to być rozwiązanie przydatne do powszechnego stosowania.

Obecnie wydaje się, że być może w większości realnie istniejących potrzeb nie ma bezwzględnej konieczności uzyskiwania tłumienności rzędu 100÷120 dB. Większość powszechnie istniejących potrzeb ochrony elektromagnetycznej sprzętu komputerowego i innych urządzeń węzła wydaje się być możliwa do spełnienia przy uzyskaniu poziomu tłumienności około 60 dB. Stosowanie cieńszych powłok metalowych od powszechnie stosowanych w tradycyjnych kabinach jest problematyczne z uwagi na wymogi konstrukcyjne (np. proces spawania).

Przyjmując zasadę, że o skuteczności ochrony decyduje najłabsze ogniwo w zastosowanym rozwiązaniu (np. otwory drzwiowe i okienne, doprowadzenia energetyczne, linie telefoniczne, kanalizacja, ogrzewanie itp.), poziom tłumienia elektromagnetycznego kabin może być znacznie niższy niż oczekiwane 100 + 120 dB. Nie wydaje się, żeby mimo istnienia powszechnych potrzeb ochrony węzłów rozwiązanie w postaci kabin metalowych wyszło poza zastosowania militarne czy też specjalne.

Ochrona węzłów jest zagadnieniem znacznie szerszym niż tematyka dotycząca zjawisk promieniowania elektromagnetycznego. Zazwyczaj wprowadza się strefy ochrony fizycznej. W ten sposób ekranowanie na poziomie 60 dB (biorąc pod uwagę tłumienie murów i naturalne rozproszenie energii elektromagnetycznej) może oznaczać efekt 100 i więcej dB poza granicą strefy ochrony fizycznej, tzn. być taki, jakiego oczekuje się od tradycyjnych kabin metalowych.

Rozwiązanie w postaci ekranowania elektromagnetycznego całych pomieszczeń węzła stało się w ostatnim czasie nie tylko realne, lecz i atrakcyjne zarówno w aspekcie efektów, jak i kosztów. Jest tak z uwagi na zupełnie nowe perspektywy, jakie stwarzają nowe materiały (nie wykorzystywane dotychczas w kraju), które mogą być użyte jako osłona ekranująca.

Charakterystyczną cechą tych nowych materiałów jest:

- efektywność ekranowania ponad 60 dB przy dominowaniu efektu odbicia fali nad efektem tłumienia;
- duża różnorodność struktur i właściwości fizycznych, a zatem również duża swoboda konstrukcyjna;
- mały ciężar właściwy, cienkie warstwy, wiotkość i elastyczność, dzięki czemu można formować dowolne kształty;
- wysoka odporność na korozję i tzw. efekty starzenia.

Te cechy materiałów określanych często jako elastyczne materiały przewodzące tworzą zupełnie nowe możliwości konstrukcyjne.

Ekranowanie pomieszczeń węzła z użyciem elastycznych materiałów przewodzących dokonuje się przez tapetowanie, tzn. wyklada się nimi ściany, sufit, podłogę i pokrywa się następnie normalną tapetą i wykładziną. Oprócz roli dekoracyjnej normalna tapeta pełni rolę warstwy ochronnej. Technologia ta może być zatem zastosowana w każdym pomieszczeniu, które można wytapetować, a podłogę pokryć wykładziną bądź z wykorzystaniem podwójnej podłogi. Okna są ekranowane poprzez system rolet z elastycznego materiału przewodzącego odpowiedniego na roletę. Tapetuje się również drzwi i uszczelnia odpowiednimi uszczelkami, podobnie rury grzewcze, gazowe, wodociągowe i kanalizacyjne.

Pozostałe elementy węzła sieci komputerowej (energetyka, klimatyzacja, linie telefoniczne, kable sieci komputerowej itp.) mogą być filtrowane w sposób tradycyjnie stosowany. Ponieważ nie potrzeba i nie ma uzasadnienia stosowania rozwiązań dających parametry znacznie ponad 60 dB, ponoszone koszty komponentów uzupełniających mogą być znacznie obniżone w porównaniu z rozwiązaniami stosowanymi w kabinach metalowych.

W rezultacie powstałe pomieszczenie ekranowane jest normalnie wyglądającym pomieszczeniem. Nie istnieje potrzeba spełniania żadnych szczególnych wymogów budowlanych, konstrukcyjnych i montażowych. Fakt, że pomieszczenie nie wyróżnia się szczególnie spośród innych, ma również ważne aspekty dla bezpieczeństwa węzłów sieci komputerowych.

Zaprojektowano i wykonano pomieszczenie ekranowane elektromagnetycznie w technologii elastycznych materiałów przewodzących o powierzchni użytkowej 48 m². Zespół autorski rozwiązał szereg zagadnień, a w szczególności:

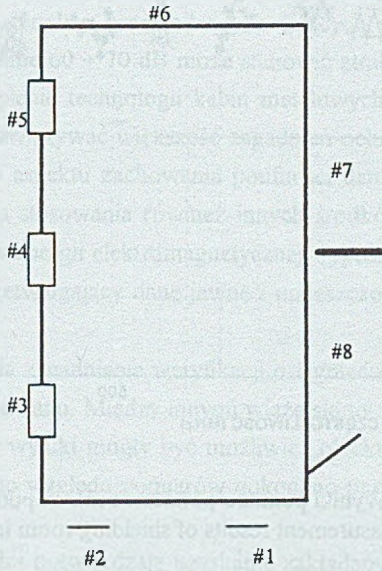
- Rozpoznano i dokonano wyboru z szerokiej gamy oferowanych na rynkach światowych produktów elastycznych materiałów przewodzących takich, które charakteryzował zarówno odpowiedni współczynnik ekranowania, jak i cechy fizyczno-konstrukcyjne umożliwiające ich użycie w postaci tapety;
- Opracowano technologię odpowiedniego przygotowania podłoża oraz montażu materiału jako tapety, w tym uszczelniania, zakładek, doboru odpowiednich klejów itp.;
- Dokonano analiz podatności materiału na utraty własności ekranujących na skutek zjawiska korozji i innych procesów fizykotechnicznych związanych ze starzeniem;
- Opracowano odpowiednie rozwiązania dla otworów okiennych, drzwi, kanałów wentylacyjnych, ogrzewania, zasileń energetycznych, linii telekomunikacyjnych oraz elementów konstrukcyjnych, takich jak mocowanie oświetlenia, elementy wystroju itp.;
- Rozważono zagrożenia naruszeń ciągłości materiału ekranującego w wyniku przypadkowych bądź celowych uszkodzeń mechanicznych, lub chemicznych w powłoce tapety, uszczelnionych doprowadzeniach i otworach;
- Zapewniono możliwości odpowiedniego dostępu w celu konserwacji i serwisu;
- Przygotowano metodykę pomiarów skuteczności ekranowania elektromagnetycznego;
- Zapewniono zgodności z obowiązującymi normami budowlanymi, wymogami ppoż. i ergonomii pracy.

Realizacja pomieszczeń ekranowanych z wykorzystaniem elastycznych materiałów przewodzących wymaga rozważenia i rozwiązania całego wachlarza różnorodnych problemów znacznie wykraczających poza aspekty techniczne samego zjawiska propagacji fal elektromagnetycznych.

Warto również zaznaczyć, że jednym z istotnych zagadnień jest weryfikacja efektu szczelności elektromagnetycznej pomieszczenia, tj. jego pomiarów. Pochodząca z 1956 r. norma pomiarowa MIL-STD-285 odnosi się do tradycyjnych, stalowych osłon ekranujących, nie może być ściśle i bezpośrednio stosowana np. chociażby z uwagi na ograniczenia przestrzenne. Wszystkie liczące się narodowe normy z tego zakresu są tłumaczeniami ww. normy, która pozostaje normą najczęściej stosowaną. W praktyce odnosi się to nie tyle do samych pomiarów, co do wspólnego odniesienia dla porównania i interpretacji wyników. Należy jednocześnie zaznaczyć, że zmiany efektywności ekranowania elektromagnetycznego podawane zwykle w [dB] dla poszczególnych zakresów częstotliwości mogą pozostawać w dość luźnym związku w stosunku do potrzeb ochrony węzła. Wynik pomiaru według MIL-STD-285 nie powinien być ostateczną miarą w odniesieniu do oceny stopnia ochrony węzła sieci komputerowej. W każdym konkretnym przypadku przedsięwzięć zwiększających bezpieczeństwo węzła sieci komputerowej duże praktyczne znaczenie może mieć charakterystyka promieniowania systemu podlegającego ochronie, w tym zwłaszcza charakterystyka widmowa promieniowania będącego nośnikiem przetwarzanych danych, a także zakresów, które są szczególnie podatne na zakłócenia. Istotny jest fakt binarnej postaci tych danych oraz sposób modulacji i kodowania sygnału, redundancja i podobne zagadnienia sytuujące się w obszarze klasycznej teorii informacji. Z powyższego wynika potrzeba prowadzenia pomiarów oraz interpretacji uzyskanych wyników w sposób indywidualny dla każdego węzła sieci komputerowej.

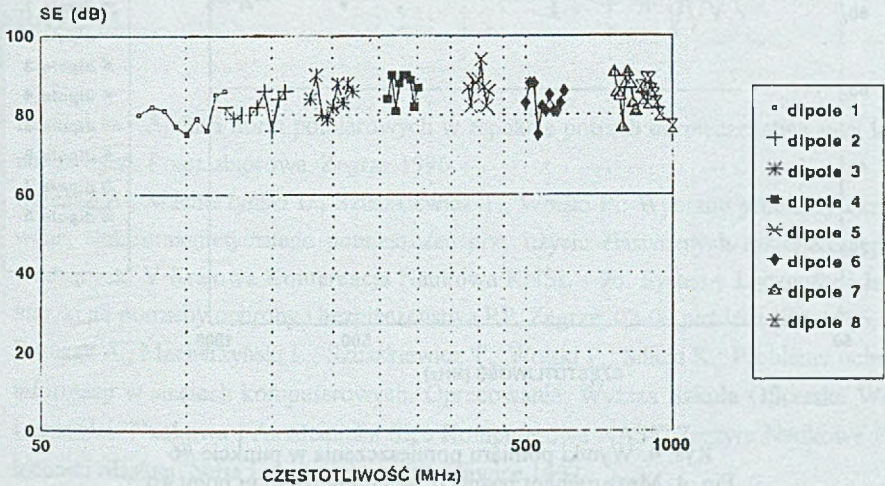
Klasycznie efektywność ekranowania określana jest stosunkiem poziomów mocy fal elektromagnetycznych przed i za osłoną. Idealną miarą efektywności ekranowania w odniesieniu do problematyki ochrony sprzętu węzła w aspekcie poufności danych mógłby stanowić np. stosunek kosztu odbioru i dekodowania, tj. uzyskania danych komputerowych z fali elektromagnetycznej przed i za zasłoną ekranującą. W takim jednak ujęciu pomiary w aspekcie bezpiecznych węzłów wykraczają znacznie poza ramy stosowanego dotychczas modelu oraz norm, metod i technik pomiarowych.

Wydaje się, że obiecującymi kierunkami poszukiwań bardziej precyzyjnych metod wartościowania końcowego efektu ekranowania mogą być w pełni skomputeryzowane systemy pomiarowe wyposażone w samo adaptacyjne przetworniki analogowo - cyfrowe korelujące dane odbieranego sygnału z binarną postacią danych źródłowych z systemu komputerowego. Wykorzystywany może być dorobek i doświadczenie technik przesyłania danych cyfrowych w warunkach dużych zniekształceń i znacznych spadków mocy odbieranego sygnału.



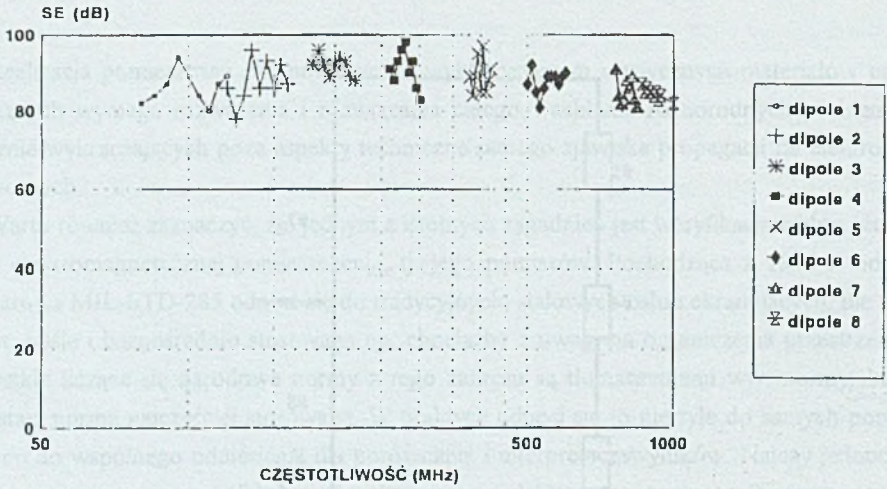
Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych w pomieszczeniu ekranowanym elektromagnetycznie węzła sieci komputerowej

Fig. 1. Localizations of measurement points in shielding room of computer network center

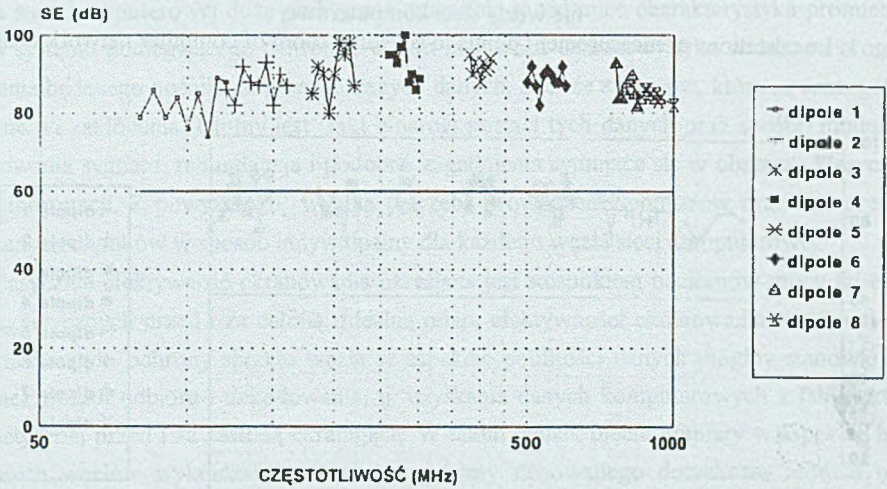


Rys. 2. Wyniki pomiaru pomieszczenia w punkcie #1

Fig. 2. Measurement results of shielding room in point #1



Rys. 3. Wyniki pomiaru pomieszczenia w punkcie #3
 Fig. 3. Measurement results of shielding room in point #3



Rys. 4. Wyniki pomiaru pomieszczenia w punkcie #6
 Fig. 4. Measurement results of shielding room in point #6

Omawiane w niniejszym referacie rozwiązanie bazujące na opracowanej w ostatnich latach technologii elastycznych materiałów przewodzących dających efekt ekranowania pola elektromagnetycznego na poziomie 60 ± 70 dB może stanowić atrakcyjne uzupełnienie, a w niektórych przypadkach zastąpienie technologii kabin metalowych. Ekranowanie rzędu 60 dB wydaje się w zupełności rozwiązywać większość zagadnień ochrony przed promieniowaniem zewnętrznym. Odnośnie do aspektu zachowania poufności danych należy mieć na uwadze możliwości kompleksowego stosowania również innych środków (np. maskowania sygnału niosącego dane chronione w energii elektromagnetycznej wypromieniowanej przez analogiczny sprzęt komputerowy przetwarzający dane jawne i umieszczony na zewnątrz pomieszczeń ekranowanych).

Szczególną wagę posiada zagadnienie weryfikacji osiągnięcia celu, tj. szczelności elektromagnetycznej wykonanego ekranu. Między innymi wiąże się to z doбором odpowiedniej metodyki pomiarowej, tak aby wyniki mogły być możliwie „obiektywne”, osadzone w standardach i porównywalne. Z tego względu pomiarów dokonano przy współudziale uznanych autorytetów w tej dziedzinie.

Wyniki pomiarów w pełni potwierdzają uzyskanie zakładanych celów w technologii elastycznych materiałów przewodzących. Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 1 + 4.

LITERATURA

- [1] Barczak A.: Analiza norm pomiarowych w aspekcie potrzeb bezpieczeństwa sieci komputerowych. Praca zbiorowa, Zegrze 1996.
- [2] Barczak A., Macherzyński L., Szuszkiewicz T., Wolski P.: Wybrane problemy ekranowania elektromagnetycznego pomieszczeń przy użyciu elastycznych materiałów przewodzących. V Krajowa Konferencja Naukowa KNSŁ - 96. Systemy Łączności i Informatyki na potrzeby ochrony i bezpieczeństwa RP. Zegrze, 02-04 października 1996.
- [3] Barczak A., Macherzyński L., Szuszkiewicz T., Wolski P., Silicki K.: Problemy ochrony informacji w sieciach komputerowych. Opracowanie: Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Łączności. Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa NASK Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Informatyka z. 32, Gliwice 1997.
- [4] Barczak A., Macherzyński L., Szuszkiewicz T., Wolski P.: Zapoznanie z metodyką i praktycznym wykonywaniem pomiarów tłumienności elektromagnetycznej w oparciu o normę MIL-STD 285. Materiały z seminarium, Zegrze, 11-13 maja 1997.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Grzywak

Wpłynęło do Redakcji 29 grudnia 1997 r.

Abstract

In this paper electromagnetic protection of computer network centers is considered. Possibilities of adequate solutions are presented from the point of view of two aspects of electromagnetic compatibility – emission and immunity. Shielding is the main topic. Traditional metal cabs solutions drawbacks are discussed and new solutions presented including not commonly known yet flexible conductive materials technology. Same aspects of designing and realization of shielding rooms using flexible conductive technology are discussed based on practical experiences – such as chose of products, mains criteria and what is important in designing and realization phases, how to solve problems of shielding windows, doors, conditioning, power supply and other special components. Especially considered is also level of shielding effectiveness in the aspects of computer network protection needs. Flexible conductive materials effectiveness is about $60 \div 70$ dB. Nevertheless the end results may be quite enough due to other complementary activities presented in this paper. Flexible conductive materials solutions may be used instead or as supplementary for traditional shielding methods. Examples of measurement results of existing shielding room using flexible conductive materials are presented. Some ideas are drafted to gain more adequate estimation of protection of computer network centers effectiveness.