dr inż. KRZYSZTOF GRYZ
dr inż. JOLANTA KARPOWICZ
dr inż. ELŻBIETA JANKOWSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Metoda badania i oceny zagrożeń elektromagnetycznych w pomieszczeniach biurowych

W artykule zaprezentowano przyczyny i charakterystykę typowych warunków ekspozycji pracowników biurowych na pola elektromagnetyczne. Omówiono zasady ograniczania ekspozycji zawodowej i pozazawodowej, ustalone krajowymi przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz wymaganiami dyrektyw europejskich. Podano wymagania odnośnie do wykonywania pomiarów pól elektromagnetycznych w pomieszczeniach biurowych i zasady interpretacji ich wyników. Przeanalizowano także warunki umożliwiające odstąpienie od wykonywania pomiarów pól elektromagnetycznych na stanowisku pracy w budynkach biurowych.

Method of investigation and assessment of electromagnetic hazards in office rooms
Typical electromagnetic field sources and characteristics of workers' exposure conditions are presented. The principles of occupational and non-occupational exposure limitation established by Polish and European legislation are described. Requirements regarding electromagnetic field measurements in office rooms and the principles of interpreting such results are presented. Situations justifying decisions not to perform electromagnetic field measurements in the workplace in office buildings are analysed.

Wprowadzenie

Jedną z liczniejszych grup zawodowych są pracownicy zatrudnieni na stanowiskach biurowych. Zgodnie z dyrektywą 89/391/EWG, tzw. ramową, na stanowiskach pracy we wszystkich sektorach działalności, powinny być prowadzone działania zmierzające do skutecznego ograniczania lub eliminowania ryzyka zawodowego.

Ocena skutków zdrowotnych wynikających z narażenia na czynniki szkodliwe i uciążliwe występujące w pomieszczeniach biurowych jest zagadnieniem trudnym metodycznie, z uwagi na jednoczesne działanie wielu czynników, zwykle o niskich stężeniach i natężeniach, ale przez długi okres narażenia. Narażenie na czynniki szkodliwe i uciążliwe w pomieszczeniach biurowych może prowadzić do tzw. zespołu chorego budynku (SBS), objawiającego się zmęczeniem, uczuciem duszności, bólami i zawrotami głowy, drażliwością, obniżeniem zdolności koncentracji uwagi, zaburzeniami pamięci, podrażnieniem błon śluzowych oczu i górnych dróg oddechowych, zmianami skórnymi, częstszym występowaniem nieżytów dróg oddechowych, niekiedy z objawami zbliżonymi do astmy oskrzelowej [1].

Przyczynami takich dolegliwości są niewłaściwe parametry mikroklimatu, a także występowanie zanieczyszczeń chemicznych, pyłowych i mikrobiologicznych w powietrzu pomieszczeń biurowych. Poza tymi czynnikami istotny wpływ na jakość warunków pracy mają również hałas, drgania mechaniczne, pola elektromagnetyczne, naturalne promieniowanie optyczne oraz elektryczność statyczna, w tym „rażenia" przy wyładowaniach elektryczności statycznej [2].

Charakterystyka pól elektromagnetycznych w pomieszczeniach biurowych

Pola elektromagnetyczne są czynnikiem fizycznym środowiska pracy i życia człowieka, nierozerwalnie związanym z wykorzystywaniem energii elektrycznej oraz łącznością bezprzewodową. Każde urządzenie elektryczne jest źródłem pola elektromagnetycznego, które może być wytwarzane celowo lub jako efekt niezamierzony jego działania. Źródła pól elektromagnetycznych oddziałujących na pracowników w pomieszczeniach biurowych to głównie różnego typu sprzęt komputerowy i elektryczne urządzenia biurowe, instalacje zasilające oraz stacje nadawcze RTV i telefonii komórkowej.

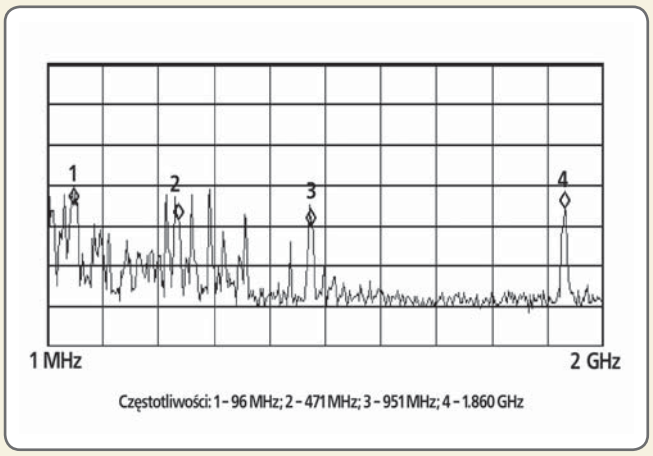
Podstawowe wielkości charakteryzujące pola elektromagnetyczne w środowisku pracy to: natężenie pola elektrycznego, E (w V/m); natężenie pola magnetycznego, H (w A/m) lub indukcja magnetyczna, B (w T, najczęściej w jednostkach pochodnych – w μT lub mT); częstotliwość pól sinusoidalnie zmiennych w czasie (w Hz) lub parametry zmienności w czasie pól niesinusoidalnych (m.in. widmo częstotliwości lub modulacja).

Wyniki badań przeprowadzonych przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy w ramach realizacji projektu celowego zamawianego nr 15-21 pn. „System kształtowania jakości powietrza w budynkach biurowych (profilaktyka tzw. zespołu chorego budynku)" pozwoliły m.in. na pełne scharakteryzowanie warunków ekspozycji na pola elektromagnetyczne o częstotliwości z pasma 5 Hz – 3 GHz, występujących w badanych pomieszczeniach. Poziomy pól elektromagnetycznych zmierzone szerokopasmowo na stanowiskach pracy w zdecydowanej większości pomieszczeń biurowych osiągają wartości [3, 4]:

- pola małej częstotliwości, od sprzętu komputerowego, układów zasilających, urządzeń i instalacji elektrycznej: indukcja magnetyczna B wynosi od 0,5 do 1,5 μT, natężenie pola elektrycznego E wynosi kilka do kilkudziesięciu V/m
- pola średniej częstotliwości, od sprzętu komputerowego: indukcja magnetyczna B nie przekracza 1 μT, natężenie pola elektrycznego E wynosi kilka V/m
- pola zakresu radiofalowego, od stacji nadawczych na zewnątrz budynku: natężenie pola elektrycznego E nie przekracza 1 V/m (sporadycznie dochodzi do 2 V/m).

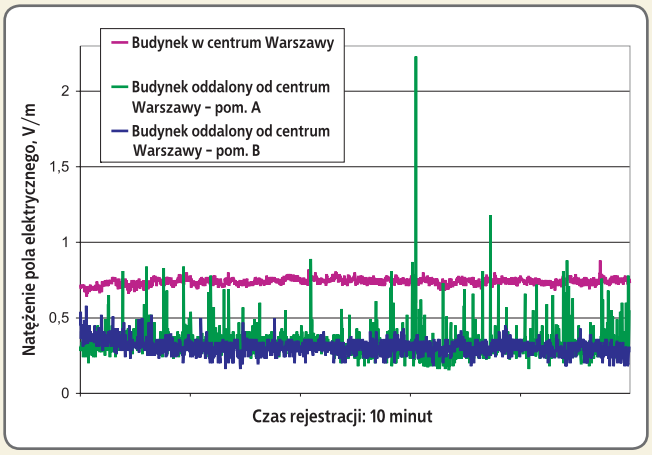
Większe wartości zaobserwowano jedynie sporadycznie, np. pola magnetyczne małej częstotliwości przy kablach zasilających odbiorniki dużej mocy (urządzenia przemysłowe, duże budynki biurowe itp.) [3, 4].

Największe wartości natężenia pola elektrycznego, w stosunku do wartości dopuszczalnych, stwierdzono w zakresie częstotliwości radiofalowych. Analiza widmowa wykazała, że są to pola od nadajników radiowych z zakresu UKF (88-108 MHz), nadajników łączności ru-



Rys. 1. Typowa charakterystyka widmowa pola elektrycznego z zakresu radiofalowego w pomieszczeniach biurowych na terenie Warszawy:
1 – pasmo UKF/FM, 2 – pasmo TV, 3 – pasmo GSM, 4 – pasmo DCS

Fig. 1. Typical frequency characteristic of RF EMF inside office buildings in Warsaw: 1 – UKF/FM, 2 – TV, 3 – GSM, 4 – DCS



Rys. 2. Typowa charakterystyka zmienności pola elektrycznego z zakresu radiofalowego 100 kHz – 3 GHz, w 3 wybranych pomieszczeniach pracy biurowej na terenie Warszawy

Fig. 2. Typical time-domain characteristic of RF EMF 100 kHz – 3 GHz, 3 selected office rooms in Warsaw

chomej ok. 170 MHz, nadajników telewizyjnych (174-862 MHz) oraz stacji bazowych telefonii komórkowej (900, 1800 i 2200 MHz), (rys. 1.). Charakterystyka widmowa takiego pola jest w danym miejscu praktycznie niezmienna w czasie – większość nadajników pracuje z niemal stałą mocą w ciągu całego dnia. Również poziom pól radiofalowych od zewnętrznych anten nadawczych, w większości pomieszczeń zmienia się nieznacznie (rys. 2.).

Z kolei największe wartości natężenia pola magnetycznego (indukcji magnetycznej), w stosunku do wartości dopuszczalnych, występują jedynie w zakresie małych częstotliwości, głównie częstotliwości przemysłowej. Są to pola od instalacji zasilającej, urządzeń transformatorowych, urządzeń biurowych i sprzętu komputerowego. Charakterystyka widmowa takiego pola jest bardzo zmienna, uzależniona od wahań poziomu zniekształceń harmonicznych w sieci zasilającej, liczby i rodzaju urządzeń włączonych do sieci w pobliżu miejsca pomiaru, rodzaju ich bieżącej pracy itp. Również poziom pól magnetycznych małej częstotliwości uzależniony jest istotnie m.in. od liczby włączonych urządzeń i obciążenia instalacji zasilających.

Pola występujące w środowisku mogą powodować niepożądane skutki, co wymaga ich kontroli oraz ograniczenia ekspozycji zarówno ogółu ludności, jak i pracowników oraz infrastruktury technicznej. Oddziaływanie pola elektromagnetycznego na organizm powoduje: indukowanie w ciele człowieka prądów elektrycznych oraz ogrzewanie tkanek wskutek pochłaniania energii pól, tzw. efekt termiczny. Przy ekspozycji na silne pola, prądy indukowane mogą zakłócać pracę organizmu na skutek zaburzenia naturalnych procesów elektrofizjologicznych w komórkach nerwowych, a skutki termiczne prowadzić do przegrzania różnego stopnia i rozległości, zarówno tkanek na powierzchni ciała jak i wewnątrz – zależnie od częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego. Po ustaniu ekspozycji skutki te ustępują.

Wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy mają na celu ochronę pracowników przed wystąpieniem skutków ekspozycji na silne pola. Dotychczas nie wypracowano konsensusu międzynarodowego odnośnie do hipotez wiążących ekspozycję na pola słabe, szczególnie długotrwałą (wieloletnią), ze wspomnianym zespołem chorego budynku, czy innego rodzaju pogorszeniem stanu zdrowia lub zdolności do pracy. Z tego powodu ekspozycja powinna być ograniczana również ze względu na hipotezy wskazujące na negatywne skutki ekspozycji chronicznej (np. sklasyfikowanie pól magnetycznych małych częstotliwości jako czynnika prawdopodobnie rakotwórczego, hipotezy odnośnie do neurodegeneracyjnych skutków ekspozycji chronicznej, czy zaburzeń funkcjonowania układu krążenia wskutek ekspozycji chronicznej) [5, 6]. Ze względu na możliwość potwierdzenia tych hipotez oraz możliwość odkrycia również innego negatywnego oddziaływania pól elektromagnetycznych na ludzi, powinny być stosowane dostępne środki ich zmniejszania, tzw. zasada ALARA (ang. *As Low As Reasonably Achievable)* lub zasada ostrożności, tzw. *precautionary principle*. Uzasadnione jest to szczególnie w przypadku pól oddziałujących przez wiele godzin dziennie i przez długie lata (chronicznie) na stanowiskach pracy przy urządzeniach stale pracujących, jak np. urządzenia komputerowe czy instalacja zasilająca budynku.

Krajowe przepisy z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy w polach elektromagnetycznych

Przepisy krajowe nie wyróżniają specjalnej oceny pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez sprzęt biurowy i ekspozycji zatrudnionych przy jego obsłudze pracowników. Postanowienia przepisów odnoszą się w równym stopniu do wszystkich osób wykonujących pracę związaną z ekspozycją na pola elektromagnetyczne, niezależnie od częstotliwości tych pól oraz wytwarzających je urządzeń. Zasady oceny warunków ekspozycji zawodowej ustala rozporządzenie ministra pracy i polityki społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) i natężeń (NDN) czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [7], w tym także pól i promieniowania elektromagnetycznego o częstotliwości 0-300 GHz (tabela [7]) oraz norma PN-T-06580:2002 [8]. W środowisku pracy wyznacza się obszar występowania pól, tzw. stref ochronnych (niebezpiecznej, zagrożenia i pośredniej). W polach stref ochronnych mogą przebywać jedynie pracownicy zatrudnieni przy źródłach pól, pod warunkiem przejścia specjalistycznego przeszkolenia i potwierdzenia badaniami lekarskimi braku przeciwwskazań zdrowotnych do ekspozycji. Jest to tzw. ekspozycja zawodowa.

Obszar poza tymi strefami ochronnymi to tzw. strefa bezpieczna. Natężenia pól graniczne dla strefy bezpiecznej są zbliżone do natężeń pól dopuszczalnych przy ekspozycji ogółu ludności, ustalonych postanowieniami rozporządzenia ministra środowiska [9]. Ekspozycja na takie pola nie podlega ograniczeniom, zarówno w odniesieniu do pracowników, jak i ludności, a w przypadku pracowników, nazywana jest ekspozycją pozazawodową i nie wymaga kierowania ich na badania lekarskie i szkolenia specjalistyczne, związane z obsługą źródeł pól i wykonywaniem pracy w polach stref ochronnych.

Do oceny ekspozycji na pola stref ochronnych wprowadzono dodatkowo wskaźniki ekspozycji, uwzględniające zarówno natężenia pól działających na pracownika, jak i czas jego ekspozycji w ciągu jednej zmiany roboczej. Dozy dopuszczalne pola elektrycznego Dd_E i pola magnetycznego Dd_H podano we wspomnianym rozporządzeniu MPiPS [7], natomiast zasady obliczania na ich podstawie wskaźników ekspo-

zycji W i doz rzeczywistych D_E i D_H zdefiniowano w normie PN-T-06580:2002 [8].

Zgodnie z krajowymi zasadami wykonywania badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [10], pracodawca przed przystąpieniem do badania pól elektromagnetycznych dokonuje rozeznania (§ 4):

– procesów technologicznych i występujących w nich czynników szkodliwych dla zdrowia w celu ich wytypowania do oznaczania w środowisku pracy

– organizacji i sposobu wykonywania pracy.

Badań nie przeprowadza się, jeżeli wyniki dwóch ostatnio przeprowadzonych badań i pomiarów natężenia pola elektrycznego i magnetycznego na stanowisku pracy (H i E) nie przekroczyły 0,1 wartości NDN (§ 2.1.).

Dyrektywa 2004/40/WE

Minimalnych wymagań bezpieczeństwa przy ekspozycji zawodowej na pola elektromagnetyczne dotyczy dyrektywa 2004/40/WE [11, 12]. Do oceny poziomu ekspozycji wykorzystywane są dwa rodzaje wielkości:

• miary wewnętrzne ekspozycji, których nie można zmierzyć na stanowisku pracy – gęstość prądu indukowanego i SAR (współczynnik szybkości pochłaniania właściwego energii) – ustalające maksymalny dopuszczalny poziom narażenia na pola elektromagnetyczne

• miary zewnętrzne ekspozycji, które można zmierzyć na stanowisku pracy – natężenie pola elektrycznego, natężenie pola magnetycznego i indukcja magnetyczna – ustalające poziom ekspozycji wymagającej podjęcia kontroli na stanowisku pracy i ewentualnie działań prewencyjnych.

W przypadku stwierdzenia przekroczenia miar zewnętrznych należy sprawdzić czy nie są przekroczone miary wewnętrzne ekspozycji.

Zgodnie z art. 4. ust. 1, pracodawca jest obowiązany ocenić oraz w razie potrzeby, dokonać pomiarów i/lub obliczeń poziomu pól elektromagnetycznych, na które eksponowani są pracownicy. Ocena, pomiar i/lub obliczenia nie muszą być przeprowadzane w powszechnie dostępnych miejscach pracy, o ile uprzednio dokonano oceny zgodnie z postanowieniami Zalecenia Rady 1999/519/WE z dnia 12 lipca 1999 r. w sprawie ograniczenia ekspozycji ogółu ludności na pola elektromagnetyczne (0 Hz – 300 GHz) [13] i przestrzegane są względem pracowników określone tam ograniczenia.

Przy ocenie emisyjności sprzętu elektrycznego powszechnego użytku wykorzystuje się normy europejskie zharmonizowane z dyrektywami: 2004/108/WE (wcześniej 89/336/EWG, tzw. kompatybilnościową) lub 73/23/EWG, tzw. niskonapięciową. Zgodnie z wymaganiami tych norm, na obudowie urządzeń, wokół których poziom pól jest mniejszy od wymagań Zalecenia 1999/519/WE [14], umieszczany jest znak CE (rys. 3., str. 14). W konsekwencji znak CE na obudowie urządzeń powszechnego użytku, w tym elektrycznego sprzętu biurowego lub komputerowego, poświadcza spełnienie zarówno wymagań Zalecenia 1999/519/WE, jak i dyrektywy 2004/40/WE.

Ocena emisyjności urządzeń biurowych – kryteria TCO

Najbardziej rozpowszechnione kryteria oceny parametrów technicznych elektronicznego sprzętu biurowego, w tym monitorów z lampą kineskopową (CRT) i ciekłokrystalicznych (LCD), zostały opracowane w Szwecji [14] przez TCO (Tjänstemännens Centralorganisation) – Szwedzką Konfederację Pracowników.

Wymagania TCO dotyczące ograniczania poziomu pól elektromagnetycznych emitowanych przez monitory, mają na celu zmniejszenie pól oddziałujących na pracowników do poziomu technicznie możliwego do osiągnięcia, tak aby nie zanieczyszczać środowiska pracy. Wymagania TCO nie określają dopuszczalnych wartości w odniesieniu do ekspozycji ludzi. Pomimo że są nieobligatoryjne, zostały pod presją użytkowników powszechnie przyjęte jako międzynarodowy standard jakości monitorów i sprzętu komputerowego. Producenci mogą umieszczać oznakowanie TCO (rys. 4., str. 14) na obudowie urządzeń spełniających te kryteria.

Szczegółowe wymagania TCO, ich porównanie z poziomami dopuszczalnymi dla ekspozycji ludzi oraz wyniki badań monitorów ekranowych na zgodność z wymaganiami TCO, zostały przedstawione we wcześniejszej publikacji [15]. Spełnienie bardzo rygorystycznych wymagań TCO jest gwarancją spełnienia z dużym zapasem wymagań dotyczących dopuszczalnej ekspozycji operatorów na pola elektromagnetyczne, zarówno polskich przepisów dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy [7] lub środowiska [9], jak i zalecenia [13] lub dyrektywy europejskiej [11].

Badania pól elektromagnetycznych w pomieszczeniach biurowych – ogólne zasady

Postanowienia krajowych przepisów określających zasady wykonywania badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, upoważniają pracodawcę do przeanalizowania poziomu poszczególnych czynników szkodliwych dla zdrowia, występujących na ocenianym stanowisku pracy, w celu wytypowania czynników istotnych [10]. W pomieszczeniach biurowych poziomy pól elektromagnetycznych z reguły nie przekraczają granicy strefy bezpiecznej, tzn. występują tam warunki ekspozycji pozazawodowej. Na zdecydowanej większości stanowisk pracy biurowej poziomy pól są zdecydowanie poniżej 0,1 NDN. W związku z tym można przyjąć spełnienie wymagań przepisów bhp dotyczących pól, bez przeprowadzania ich pomiarów.

Rutynowe pomiary pola elektromagnetycznego na stanowiskach pracy biurowej mogą być uzasadnione w szczególnych przypadkach, kiedy na pracownika oddziałują pola wytwarzane przez urządzenia lub instalacje znajdujące się poza stanowiskiem biurowym, np.:

– stanowisko pracy biurowej usytuowane jest bezpośrednio przy kablach instalacji zasilającej o znacznym obciążeniu prądowym (rzędu kilkudziesięciu A i więcej) lub pomieszczenie pracy biurowej usytuowane jest w sąsiedztwie rozdzielni elektroenergetycznej niskiego napięcia

– stanowisko pracy biurowej usytuowane jest w pobliżu anten nadawczych systemów ra-

POLA ELEKTRYCZNE I MAGNETYCZNE ROZGRANICZAJĄCE STREFY OCHRONNE [7]

Limitation of occupational exposure to electric and magnetic fields [7]

Zakres częstotliwości	Granica pomiędzy strefą bezpieczną i pośrednią (granica ekspozycji pozazawodowej)			Granica pomiędzy strefą pośrednią i zagrożenia (dopuszczalna ekspozycja 8 godzin na zmianę roboczą – NDN pól elektromagnetycznych)		
	E_0 [V/m]	H_0 [A/m]	B_0 [μT]	E_1 [V/m]	H_1 [A/m]	B_1 [μT]
0 Hz ≤ f ≤ 0,5 Hz pola elektrostatyczne i magnetostatyczne	10000	2666	3333	20000	8000	10000
0,5 Hz < f ≤ 50 Hz	5000	67	83	10000	200	250
0,05 kHz < f ≤ 0,3 kHz	5000	3,3/f	4,1/f	10000	10/f	12,5/f
0,3 kHz < f ≤ 1 kHz	33/f	3,3/f	4,1/f	100/f	10/f	12,5/f
1 kHz < f ≤ 0,8 MHz	33	3,3	4,1	100	10	12,5
0,8 MHz < f ≤ 3 MHz	33	2,6/f	3,3f	100	8/f	10/f
3 MHz < f ≤ 15 MHz	100/f	2,6/f	3,3/f	300/f	8/f	10/f
15 MHz < f ≤ 150 MHz	6,7	2,6/f	3,3f	20	8/f	10/f
0,15 GHz < f ≤ 3 GHz	6,7	0,017	0,022	20	0,053	0,066
3 GHz < f ≤ 300 GHz	0,053 f + 6,5	-------	-------	0,16 f + 19,5	-------	-------

Uwagi:
f – częstotliwość w jednostkach podanych w kolumnie „zakres częstotliwości";
E – natężenie pola elektrycznego; H – natężenie pola magnetycznego; B – indukcja magnetyczna

Rys. 3. Znak CE, potwierdzający zgodność parametrów technicznych urządzenia z wymaganiami dyrektyw europejskich

Fig. 3. CE mark, confirming compliance of the technical parameters of a device with the requirements of European directives

diowych lub łączności bezprzewodowej, np. stacji bazowych telefonii komórkowej (pola o poziomach dopuszczalnych tylko przy ekspozycji zawodowej występują w odległości od anteny, która jest tym mniejsza im mniejsza jest moc wypromieniowywana z anteny; przy urządzeniach przeznaczonych do użytku osobistego są to odległości od kilku do kilkudziesięciu centymetrów, przy antenach stacji bazowych instalowanych na masztach lub dachach – rzędu kilkunastu – kilkudziesięciu metrów, a przy antenach radiowych nadajników dużej mocy, rzędu setek kW, mogą to być odległości setek metrów lub kilku kilometrów)

– stanowisko pracy biurowej usytuowane jest w sąsiedztwie urządzeń przemysłowych lub medycznych (np. urządzeń znajdujących się w sąsiednim pomieszczeniu), przy których występują pola elektromagnetyczne stref ochronnych.

W takich przypadkach w pomieszczeniach biurowych wystarczające będą szerokopasmowe pomiary pól elektromagnetycznych, z pasma częstotliwości obejmującego pola zidentyfikowane jako możliwe zagrożenie pracowników [4], najczęściej:

– pola magnetyczne małej częstotliwości, tj. 50 Hz i wyższe harmoniczne do kilku kHz (np. tzw. pasmo ELF: 5 Hz – 2 kHz) – pomiar taki obejmuje pola od instalacji zasilającej, urządzeń transformatorowych, urządzeń biurowych i sprzętu komputerowego

– pola elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości promieniowania radiofalowego, najczęściej, co najmniej 80 MHz – 2,5 GHz, tj. pola nadajników radiowych z zakresu UKF, nadajników TV oraz stacji bazowych telefonii komórkowej itp.

– w przypadku zidentyfikowania w sąsiedztwie ocenianego stanowiska pracy biurowej źródeł pól elektromagnetycznych innych częstotliwości, pomiary powinny objąć również pola elektryczne lub magnetyczne od tych źródeł.

Do oceny pól elektrycznych należy mierzyć pole pierwotne (bez obecności pracownika w miejscu pomiaru). Pomiary powinny być wykonywane w warunkach wystąpienia najsilniejszych ekspozycji, np. przy maksymalnej liczbie włączonego sprzętu biurowego lub w porze zwiększonego poboru prądu w instalacjach zasilających.

Procedura pomiarów pól elektromagnetycznych

Pomiary, zgodnie z wymaganiami normy PN-T-06580:2002 [8], powinny być wykonywane w miejscach przebywania pracowników. Pomiary poziomu ekspozycji pracowników biurowych powinny być przeprowadzane przy zastosowaniu mierników spełniających, co najmniej następujące kryteria: pomiar wartości skutecznej (RMS), pomiar izotropowy, płaska charakterystyka częstotliwościowa czułości w paśmie pomiarowym. Do badań i oceny pola magnetycznego małej częstotliwości niezbędne są mierniki o następujących parametrach: pasmo pomiarowe – co najmniej 50 Hz – 1 kHz; czułość – poniżej 0,25 μT (0,2 A/m); zakres pomiarowy – co najmniej 0,25 – 100 μT (0,2 – 80 A/m); odporność miernika na zakłócające pola elektromagnetyczne wyższych częstotliwości, szczególnie radiofalowych. Do badań i oceny pola elektrycznego częstotliwości radiofalowych niezbędne są mierniki o następujących parametrach: pasmo pomiarowe – co najmniej 80 MHz – 2,5 GHz; czułość – poniżej 0,5 V/m; zakres pomiarowy – co najmniej 0,5 – 10 V/m; odporność miernika na zakłócające pola elektromagnetyczne innych częstotliwości, szczególnie częstotliwości przemysłowej 50 Hz.

Mierniki do pomiarów wykonywanych w celu oceny poziomu ekspozycji pracowników powinny być poddawane okresowemu sprawdzaniu poprawności wskazań w polach wzorcowych. Pomiary powinny być wykonywane przez laboratoria akredytowane.

Do identyfikacji częstotliwości badanych pól można wykorzystywać dokumentację techniczną urządzeń, zidentyfikowanych jako źródło pól oddziałujących na pracowników w pomieszczeniach biurowych, a w przypadku ich braku metodami doświadczalnymi.

Przy dużej zmienności poziomów pól w czasie, do oceny ekspozycji pracownika wskazane jest uzupełnienie pomiarów wartości chwilowych natężeń pól o wykonanie badań monitoringowych (rejestracji poziomu ekspozycji w czasie). Cyfrowe mierniki pól elektromagnetycznych oraz specjalizowane rejestratory o dużej pojemności pamięci, umożliwiają archiwizację serii wyników pomiarów, nawet w czasie kilkunastu, kilkudziesięciu godzin. Przy wybieraniu parametrów pracy rejestratora należy wybierać największą częstotliwość próbkowania i archiwizowania wyników pomiarów.

Ocena ekspozycji w pomieszczeniach biurowych

Rutynowa ocena ekspozycji pracowników polega na porównaniu zmierzonych poziomów pól z wartościami granicznymi podanymi w rozporządzeniu MPiPS [7]. Ponieważ ekspozycja na pola elektromagnetyczne strefy zagrożenia w pomieszczeniach biurowych z reguły nie występuje, przy ocenie ekspozycji pracowników nie ma zatem konieczności oszacowania wskaźników ekspozycji.

Dalszą analizę widmową przebiegu można pominąć, kiedy wynik szerokopasmowych pomiarów wartości skutecznej pól złożonych nie przekracza ok. 50% przyjętej do oceny wartości odniesienia (np. rozgraniczającej strefę pośrednią od bezpiecznej) dla zidentyfikowanej w mierzonych polach częstotliwości dominującej. W pozostałych przypadkach należy uwzględnić składowe harmoniczne mierzonych pól i zasady oceny pól złożonych podane w normie [8].

W przypadku szczegółowych badań warunków ekspozycji w pomieszczeniach biurowych, np. na potrzeby badań naukowych, może być niezbędne rozszerzenie zakresu badań i oceny pól w stosunku do omówionego postępowania rutynowego. Z reguły nie można w pomieszczeniach biurowych wskazać jednego dominującego źródła ekspozycji, bowiem występują jednocześnie liczne składowe pól o stosunkowo niskich poziomach i różnorodnych częstotliwościach – od pól małych częstotliwości do mikrofalowych. Ze względu na to, istotne jest objęcie badaniami wszystkich tych składowych oraz uwzględnienie ich przy ocenie wyników badań.

Podsumowanie

W zdecydowanej większości pomieszczeń pracy biurowej nie ma potrzeby wykonywania rutynowych pomiarów i oceny ekspozycji pracowników na pole elektromagnetyczne. Mogą być one uzasadnione tylko w szczególnych przypadkach,

Rys. 4. Symbole potwierdzające zgodność parametrów technicznych urządzenia z wymaganiami TCO

Fig. 4. Lables confirming compliance of the technical parameters of a device with TCO requirements

kiedy pracownik eksponowany jest na pola elektromagnetyczne wytwarzane przez urządzenia lub instalacje znajdujące się poza stanowiskiem lub pomieszczeniem pracy biurowej.

Warunki pracy w pomieszczeniach biurowych mogą być także przedmiotem szczegółowych badań naukowych, np. w ramach badań epidemiologicznych lub w przypadku innych szczególnych powodów, jak np. zakłócenia w funkcjonowaniu sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Ze względu na brak konsensusu naukowego odnośnie do możliwych negatywnych skutków długotrwałej ekspozycji na pola elektromagnetyczne o niskich natężeniach, należy stosować dostępne rozwiązania zmniejszające poziom ekspozycji.

Przy urządzeniach komputerowych spełniających wymagania TCO odnośnie do emisji pól elektromagnetycznych z dużym zapasem spełnione są wymagania dotyczące dopuszczalnej ekspozycji pracowników na pola elektromagnetyczne. Urządzenia elektryczne powszechnego użytku, w tym urządzenia biurowe i komputerowe spełniające wymagania Zalecenia 1999/519/WE, jak i Dyrektywy 2004/40/WE (ze znakiem CE umieszczonym przez producenta na obudowie), które nie znajdują się bezpośrednio przy ciele pracownika, nie powodują ekspozycji na pola stref ochronnych.

Weryfikowanie poziomu emisji pól elektromagnetycznych przy urządzeniach oznaczonych znakami TCO lub CE w miejscu ich eksploatacji w pomieszczeniach biurowych nie ma uzasadnienia technicznego, ponieważ poziom pól elektromagnetycznych, jakie występują w takich pomieszczeniach z powodu eksploatacji innych urządzeń znacznie zakłóca pomiary przy źródłach słabych pól, jakimi z reguły są urządzenia biurowe i powszechnego użytku. Zgodnie z wymaganiami norm, badania tego typu powinny być wykonywane w warunkach laboratoryjnych, w specjalnych pomieszczeniach ekranowanych elektromagnetycznie, w celu zmniejszenia poziomu tła elektromagnetycznego.

Zaprezentowane rozważania mogą być wykorzystane również do analizy zagrożeń elektromagnetycznych w budynkach mieszkalnych i szkolnych.

Nie uwzględniają one charakterystyki poziomu ekspozycji na pola elektromagnetyczne systemów wewnętrznej bezprzewodowej łączności lokalnej, takich jak WLAN, Bluetooth itp., wprowadzanych obecnie do urządzeń komputerowych i elektronicznych.

PIŚMIENNICTWO

[1] D. Jarosińska *Wybrane zagadnienia zdrowotnych następstw narażenia na zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego.* W: *Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce'97.* Wydawnictwa Instytutu Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998

[2] S.J. Reynolds, D.W. Black, S.S. Borin, G. Breuer, L.F. Burmeister, L.J. Fuortes i in., *Indoor Environmental Quality in Six Commercial Office Buildings in the Midwest United States.* "Applied Occupational and Environmental Hygiene" 16, 11, 2001, 1065-1077

[3] K. Gryz, J. Karpowicz *Ekspozycja na pola elektromagnetyczne w pomieszczeniach biurowych i metody jej ograniczania.* „Przegląd Elektrotechniczny" 12, 2004, s. 1188-1193

[4] J. Karpowicz, K. Gryz *Metodyka szacowania ekspozycji na złożone pola elektromagnetyczne występujące w pomieszczeniach biurowych.* „Przegląd Elektrotechniczny" 12, 2003, 923-926

[5] ICNIRP Standing Committee on Epidemiology, Ahlbom A., Cardis E., Green A., Linet M., Savitz D. i wsp.: *Review of the epidemiological literature on EMF and health.* „Environ. Health Perspect" 2001; 109 (Suppl.6): 911–933

[6] *Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields*, IARC Monographs 80, IARC Press: Lyon 2002

[7] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU, nr 217, poz. 1833, 2002 r. Część E *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne 0 Hz – 300 GHz*

[8] PN-T-06580: 2002. *Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz.* Arkusz 01. *Terminologia.* Arkusz 03. *Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy*

[9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. DzU nr 192 poz. 1883

[10] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 kwietnia 2005 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 73, poz. 645

[11] Dyrektywa 2004/40/WE Parlamentu Europejskiego I Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi) (osiemnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG), Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 184, 2004 (http://www.doc.ukie.gov.pl/dt/32004L0040.doc)

[12] J. Karpowicz, K. Gryz *Dyrektywa dotycząca ekspozycji zawodowej na pola elektromagnetyczne – 2004/40/EC.* „Bezpieczeństwo Pracy" 11(400)2004, s. 20-23

[13] *Council of the European Union Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*, 1999/519/EC, "Official Journal of the European Communities", L 199/59

[14] www. tcodevelopment.com

[15] K. Gryz, J. Karpowicz *Źródła pól elektromagnetycznych – monitory ekranowe.* „Bezpieczeństwo Pracy" 4(367)2002, s. 13-17

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach realizacji projektu celowego zamawianego nr 15-21 pn. „System kształtowania jakości powietrza w budynkach biurowych (profilaktyka tzw. zespołu chorego budynku)" dofinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji oraz Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Projekt był realizowany przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Z wielkim żalem przyjęliśmy wiadomość, że 1 lutego 2007 roku

zmarł prof. Witold Rybarczyk

wieloletni członek Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Ergonomicznego,
dyrektor Centrum Zastosowań Ergonomii w Zielonej Górze, wydawca kwartalnika „Zastosowania Ergonomii"
i współorganizator Ogólnopolskiej Konferencji Ergonomicznej. Był znakomitym ergonomistą,
człowiekiem życzliwym dla otoczenia i przyjacielem młodzieży.
Nagłe odejście prof. Witolda Rybarczyka jest ogromną stratą dla całego środowiska
naukowego oraz dla praktyków zajmujących się ergonomią i dziedzinami pokrewnymi.