

Halina Aniołczyk
Paweł Mamrot
Piotr Politański

OCENA HIGIENICZNA ŹRÓDEŁ PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH, DLA KTÓRYCH NORMATYW ZMIENIŁ SIĘ ZNACZĄCO LUB ZOSTAŁ WPROWADZONY NOWYMI PRZEPISAMI O NDN*

HYGIENIC EVALUATION OF SOURCES OF ELECTROMAGNETIC FIELDS WITH SIGNIFICANTLY CHANGED STANDARDS OR NEW MAXIMUM ADMISSIBLE INTENSITIES

Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. med. J. Nofera w Łodzi

STRESZCZENIE W 2001 r. zostały zmienione w Polsce przepisy o najwyższych dopuszczalnych natężeniach (NDN) w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym (PEM) z zakresu częstotliwości 0 Hz - 300 GHz. W dotychczasowych przepisach brak było regulacji prawnej dla zakresów częstotliwości powyżej 0 Hz do 50 Hz oraz powyżej 50 Hz do 1 kHz, a dla zakresu częstotliwości 50 Hz brak było takiej regulacji dla składowej elektrycznej. Nowe przepisy poszerzyły obowiązek pomiaru i oceny składowej magnetycznej aż do 3 GHz (dotychczas tylko do 10 MHz), a w zakresie częstotliwości do 800 kHz (składowa magnetyczna) wprowadzono złagodzony normatyw dla części dystalnych. Ponadto znacząco zweryfikowane zostały dotychczasowe wartości NDN w całym normowanym zakresie częstotliwości. Formalnie, wszystkie urządzenia zasilane energią elektryczną są źródłem PEM. W praktyce niemożliwy i nieuzasadniony jest pomiar wszystkich urządzeń i instalacji. Według danych Głównego Inspektora Sanitarnego (GIS) liczba urządzeń zewidencjonowanych przez inspekcję sanitarną wynosiła w 2002 r. ponad 60 tys. Uzasadnione więc jest przeanalizowanie wyników badań ekspozycji zawodowej na PEM po wprowadzeniu nowych NDN'2001 w celu selekcji urządzeń pod kątem celowości prowadzenia kontroli urządzeń wytwarzających PEM o poziomach odpowiadających co najwyżej strefom ochronnym. Analizą zostało objęte blisko 9 tys. urządzeń i instalacji, a w szczególności źródła: silnych PEM ze strefą ochronną zagrożenia, o nierozpoznanym poziomie wytwarzanego PEM, słabych PEM, ale o ekspozycji przewlekłej oraz występujące w dużej ilości w miejscu zatrudnienia czy koniecznego przebywania (np. szpitale, gabinety zabiegowe, hale produkcyjne itp.). Podjęte badania obejmują szczegółową analizę urządzenia i instalacje różnych typów (zgromadzonych w Centralnej bazie danych o źródłach PEM - w tym własnych danych). Przeprowadzona analiza wytwarzanych poziomów natężenia PEM umożliwiła ocenę higieniczną ww. urządzeń według NDN'2001, w wyniku której ustalono, że ok. 49% zbadanych urządzeń nie jest źródłem PEM o wartościach ze stref ochronnych. Tym samym nie znajdują dla nich uzasadnienia pomiary kontrolne PEM, gdyż ekspozycja na PEM nie występuje, bądź w przypadku ekspozycji zawodowej jest ona pomijalna. W opracowaniu przedstawiono obszerny wykaz urządzeń i instalacji z podaniem najwyższych poziomów PEM wytwarzanych w ich otoczeniu. Poziom wytwarzanych PEM oceniono według kryterium stref ochronnych: pośredniej, zagrożenia i niebezpiecznej. Med. Pr 2004; 55 (1): 55–62

SŁOWA KLUCZOWE: pola elektromagnetyczne, pole elektryczne, pole magnetyczne, strefy ochronne, NDN

ABSTRACT In 2001, the legal regulation on maximum admissible intensities (MAI) of electromagnetic fields (EMF) in the frequency range of 0-300 GHz was amended. In the existing regulation, the ranges for frequencies between 0 and 50 Hz and between 50 Hz and 1 kHz were not defined, and for the frequency of 50 Hz there were no regulations for the electric component. The amended regulation expands the obligation to measure and assess the magnetic component up to 3 GHz (formerly to 10 MHz only) and moderates the admissible level for extremities at the frequency below 800 kHz (magnetic component). In addition, the MAI values are thoroughly verified in the whole range of standardized frequencies. Formally, all kinds of power supplied equipment are the source of EMF. In practice, the measurement of all equipment and installations is not feasible or justified. According to the Database by the Chief Sanitary Inspector, the number of EMF sources recorded by the sanitary inspection in 2002 exceeded 60 thousand. Therefore, it was found advisable to analyze the results obtained from the studies of occupational exposure to EMF after the introduction of new MAI'2001 to select equipment and to find out whether equipment and installations generating EMF corresponding at most with protective zone needs to be controlled. The analysis covered 9 thousand of equipment and installations of various types (data collected by the Central Database on EMF sources and our own data), in particular EMF sources: strong EMF with endangered protective zone and non-identified levels of generated EMF; weak EMF but responsible for chronic exposure; and EMF sources occurring in large quantities in places where people work or have to stay longer (e.g., hospitals, treatment rooms, production halls).

The analysis facilitated the hygienic evaluation of the equipment and installations according to MAI'2001. In all, 49% of equipment were found not to be the source of EMF with values from protective zones, and thus it is obvious that their control is not justified as exposure does not occur or in case of occupational exposure it can be neglected. The authors present a long list of equipment and installations with the maximum levels of generated EMF. The level of generated EMF was assessed according to the criterion of protective zones: intermediate, hazardous and dangerous. Med Pr 2004; 55 (1): 55–62

KEY WORDS: electromagnetic field, electric field, magnetic field, protective zones, maximum admissible intensity

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: h_aniol@imp.lodz.pl

Nadesłano: 12.01.2004

Zatwierdzono: 2.02.2004

© 2004, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

WSTĘP

Pola elektromagnetyczne (PEM), jako jeden z potencjalnie szkodliwych czynników fizycznych występujących w śro-

dowisku pracy (1), są poddane w Polsce obowiązkowej kontroli (2). Ekspozycja na PEM, występuje wówczas, gdy człowiek jest poddawany oddziaływaniu pola elektrycznego, magnetycznego i elektromagnetycznego oraz prądom dotykowym, różnym od wynikających z procesów fizjologicznych w organizmie lub innych zjawisk naturalnych (3).

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 18.8. pt. „Ocena porównawcza wyników badań ekspozycji zawodowej na pole elektromagnetyczne zakresu 0 Hz - 300 GHz po wprowadzeniu nowych przepisów o NDN - z wytycznymi WHO i Unii Europejskiej”. Kierownik zadania: dr H. Aniołczyk.

Ekspozycja zawodowa na PEM występuje wówczas, gdy człowiek znajduje się w PEM wytwarzanym przez urządzenie, które produkuje, konserwuje, naprawia, kontroluje lub stosuje w czasie wykonywanej pracy. Według wymagań rozporządzenia Ministra Zdrowia pracodawca, w którego zakładzie pracy występuje ekspozycja pracowników na PEM w obszarze stref ochronnych jest obowiązany do dokonywania badań i pomiarów tego czynnika (2). Dopuszczalne poziomy ekspozycji zawodowej na PEM reguluje rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń (NDN) czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (zał. 2, część E) (4). Podaje ono wielkości normatywne dla PEM z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz. W rozporządzeniu tym pojęcie „najwyższe dopuszczalne natężenie (NDN) fizycznych czynników szkodliwych dla zdrowia” jest ustalone jako wartość średnia, której oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego, dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w Kodeksie pracy, przez okres jego aktywności zawodowej, nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń (4). Dla niektórych czynników fizycznych, np. PEM, wartości NDN odniesione do 8-godzinnego dobowego czasu pracy, obejmują jednocześnie wartości maksymalne (tu wartość graniczna dla strefy zagrożenia i niebezpiecznej) oraz chwilowe (tu wartości graniczne pomiędzy strefą pośrednią i zagrożenia oraz strefą zagrożenia i niebezpieczną) regulowane wprowadzeniem pojęcia dozy dopuszczalnej. Rozporządzenie to wprowadza ponadto wskaźnik ekspozycji W, który poza funkcją określającą wielkość ekspozycji na PEM stanowi również kryterium ustalania częstotliwości badań i pomiarów PEM.

Do 2001 r., kiedy to zostały zmienione w Polsce przepisy o NDN (5) nadzór higieniczny obejmował urządzenia z zakresów częstotliwości: 0 Hz i 50 Hz (tylko składowa magnetyczna), 1–100 kHz, 0,1–300 MHz, 300 MHz – 300 GHz. Brak było regulacji prawnej dla zakresów częstotliwości powyżej 0–50 Hz oraz powyżej 50 Hz – 1 kHz, a dla zakresu częstotliwości 50 Hz brak było takiej regulacji dla składowej elektrycznej. Składowa magnetyczna była regulowana w zakresie wysokich częstotliwości (powyżej 0,1 MHz) tylko do 10 MHz. Nowe przepisy o NDN z 2001 r. wprowadziły obowiązek pomiaru składowej magnetycznej aż do 3 GHz. W zakresie częstotliwości 50 Hz wprowadzono normatywy dla składowej elektrycznej.

Według danych za 2002 r., opracowanych przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi (IMP) dla Głównego Inspektora Sanitarnego (GIS), w kraju zewidencjonowano ponad 60 tys. urządzeń, gdzie: 63% stanowiły urządzenia stosowane w radiokomunikacji i łączności, 21% w przemyśle i energetyce, 15% w ochronie zdrowia i ok. 1% w nauce. Przy stosowaniu ww. urządzeń zatrudnionych jest ponad 45 tys. osób (6). Wydaje się być uzasadnionym przeanalizowanie wyników badań

poziomów PEM, wytwarzanych przez różne podzespoły, urządzenia i instalacje po wprowadzeniu nowych przepisów o NDN w celu rozpoznania źródeł PEM, które mają istotne znaczenie z punktu widzenia ekspozycji pracowników na PEM związanej z wykonywaniem pracy. Ekspozycja, czyli podleganie oddziaływaniu czynników niebezpiecznych, szkodliwych lub uciążliwych, związanych z wykonywaniem pracy w przypadku przekroczenia NDN to już narażenie zawodowe na dany czynnik o znacznie większym ryzyku dla zdrowia pracowników niż tylko ekspozycja (5,7). Ocena higieniczna urządzeń wytwarzających PEM stanowić będzie wstępną selekcję pod kątem potencjalnego narażenia zawodowego pracowników na PEM po wprowadzeniu NDN'2001.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań

Podstawowy zbiór podzespołów, urządzeń i instalacji wytwarzających PEM (zwanymi dalej źródłami PEM) do analiz szczegółowych oraz badań własnych stanowiły urządzenia zarejestrowane w „Centralnej bazie danych o źródłach PEM”, prowadzonej z upoważnienia GIS przez IMP przy współudziale stacji sanitarno-epidemiologicznych. Zgromadzone dane dotyczą ok. 8 tys. urządzeń pracujących w zakresie częstotliwości 0,1 MHz – 38 GHz, zarejestrowanych do 2002 r. Najliczniej reprezentowaną grupą urządzeń są: aparaty do elektrochirurgii (ok. 3 tys.), linie radiowe horyzontalne (ponad 700), diatermie krótkofalowe (ponad 1200), nadajniki stacji bazowych telefonii komórkowej (ok. 500), zgrzewarki dielektryczne w.cz. (ponad 250).

Dane zgromadzone do 2002 r. w wymienionej bazie danych dotyczyły okresu, w którym obowiązywały stare przepisy o NDN, skąd poddane zostały zweryfikowanej ocenie, według nowych kryteriów NDN'2001, którą przeprowadzono na podstawie analizy kwerendy tabel przestawnych.

W celu uzyskania informacji o źródłach PEM nieobjętych dotychczas kontrolą higieniczną, bądź też takich, dla których normatyw zmienił się znacząco (nowe NDN'2001) zostały wykonane w latach 2002–2003 badania własne poziomów wytwarzanego przez nie PEM. Badania szczegółowe wykonano dla 608 wybranych urządzeń (radiokomunikacyjnych, przemysłowych, medycznych, laboratoryjnych, biurowych i innych). Urządzenia do tej części badań kwalifikowano biorąc pod uwagę, że są to źródła:

- silnych PEM ze strefą ochronną zagrożenia,
- PEM, dla których nie są rozpoznane wielkości PEM w ich otoczeniu,
- słabych PEM o ekspozycji przewlekłej,
- występujące w dużej ilości w miejscu zatrudnienia czy koniecznego przebywania (szpitale, gabinety zabiegowe, biura).

Dodatkowe kryterium stanowił zakres częstotliwości pracy ww. źródeł, którym był stan wyposażenia IMP w odpowiednie przyrządy pomiarowe.

Metoda badań

Jako parametr do oceny higienicznej źródeł PEM przyjęto poziom wytwarzanego PEM (wartość zmierzonego natężenia pola elektrycznego, magnetycznego, elektromagnetycznego) w ich otoczeniu, a ocenę przeprowadzano przyjmując za kryterium wartości NDN'2001. Określano więc dla każdego urządzenia, czy grupy urządzeń rodzaj występujących stref ochronnych: pośredniej, zagrożenia i niebezpiecznej. Jako wynik oceny higienicznej przyjmowano nazwę strefy ochronnej, odpowiadającej najwyższym zmierzonym wartościom natężenia PEM. Stosowana terminologia jest zgodna z PN-T-

06580:2002 dot. ochrony pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. (ark. 1. Terminologia) (8).

Metoda pomiarów PEM

Jako metodę wykonywania pomiarów natężenia PEM przyjęto kryteria zgodne z wymogami PN-T-06580:2002, ark. 3. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy (9).

Do pomiarów PEM wykorzystano zestawy aparatury kontrolno-pomiarowej o parametrach opisanych w zestawieniach A-G:

A. Miernik pola magnetycznego GAUSSMETER model 9500

Rodzaj sondy	Zakres częstotliwości	Zakres pomiarowy	Niedokładność pomiaru
Sonda poprzeczna typ STF99-0404 nr serii 303395 BULK 1X	20 Hz - 10 kHz	1 mG - 300 kG 0,1 μ T - 30 T (0,080-23,9 \cdot 10 ⁶ A/m)	\pm 0.5-3.6%*
	pole stałe	30 mG - 300 kG (2,38-23,9 \cdot 10 ⁶ A/m)	\pm 0.075%*

* % wartości mierzonej w zależności od podzakresu pomiarowego.

B. Teslomierz TH-26

Rodzaj sondy	Zakres częstotliwości	Zakres pomiarowy	Niedokładność pomiaru
Sonda poprzeczna z hallotronem typ EA 218	20 Hz - 1 kHz pole stałe	0,04 mT - 2 T (16-1,6 \cdot 10 ⁶ A/m)	\pm 2 %

C. Zestaw MNP-89

Rodzaj sondy	Zakres częstotliwości	Zakres pomiarowy	Niedokładność pomiaru
Miernik natężenia pola magnetycznego	50 Hz	0,01-20 000 A/m	\pm 5%

D. Zestaw MEH-1a z sondami

Nr	Sonda	Zakres częstotliwości	Zakres pomiarowy	Niedokładność pomiaru
1	AE-1	0,1-300 MHz	3-1000 V/m	\pm 10%** , \pm 3 dB***
2	AE-2	10-300 MHz	0,4-15 V/m	\pm 10%** , \pm 3 dB***
3 a	AE-43	50 Hz - 50 kHz	0,2-20 kV/m	\pm 10%** , \pm 3 dB***
3 b	AE-43	1-100 kHz	1-1100 V/m	\pm 10%** , \pm 3 dB***
4	3AE-12	1-600 MHz	2-170 V/m 5-30000 V ² /m ² 0,01-70 W/m ²	\pm 10%** , \pm 3 dB***
5	AM-1 AM-2	0,1-10 MHz	0,5-10 A/m 5-250 A/m	\pm 10%** , \pm 3 dB***
6	AS-1*	300 MHz - 3 GHz	0,006-100 W/m ²	\pm 10%** , \pm 3 dB***
7	AS-2	400 MHz - 14 GHz	0,01-100 W/m ²	\pm 15%** , \pm 4 dB***

* Przeskalowana w 2003 r. do zestawu MEH-25.

** Niedokładność pomiaru pola w swobodnej przestrzeni.

*** Niedokładność pomiaru pola w odległości 10 cm od pierwotnych lub wtórnych źródeł promieniowania.

E. Zestaw MEH-25 z sondami

Nr	Sonda	Zakres częstotliwości	Zakres pomiarowy	Niedokładność pomiaru
1	3AE-1	0,1-300 MHz	0,6-3 V/m 3-1000 V/m	± 3 dB**, ± 5 dB*** $\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
2	AE-22	0,3-30 MHz	0,15-55 V/m	$\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
3	3AH-1	0,1-10 MHz	0,1-250 A/m	$\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
4	AS-1*	300 MHz - 3 GHz	0,001-0,03 W/m ²	± 3 dB**, ± 5 dB***
			0,03-100 W/m ²	$\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
4			0,5-3,2 V/m	± 3 dB**, ± 5 dB***
			3,2-190 V/m	$\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
5	AS-245	2,45 GHz ($\pm 10\%$)	0,001-100 W/m ²	$\pm 15\%$ **, ± 4 dB***

* Przeskalowana z zestawu MEH-1a w 2003 r.

** Niedokładność pomiaru pola w swobodnej przestrzeni.

*** Niedokładność pomiaru pola w odległości 10 cm od pierwotnych lub wtórnych źródeł promieniowania.

F. Zestaw MEH-25 z sondami

Nr	Sonda	Zakres częstotliwości	Zakres pomiarowy	Niedokładność pomiaru
1a	AE-43	0,1-300 MHz	80 V/m - 9,8 kV/m	± 3 dB**, ± 5 dB*** $\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
1b	AE-43	0,1-500 kHz	1,5-88 V/m	$\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
2	AH-42	0,1-10 MHz	0,24-100 A/m	$\pm 10\%$ **, ± 3 dB***
3	AS-3	0,2-0,8 GHz	0,02-15 W/m ²	$\pm 40\%$ **, ± 6 dB***
			2-74 V/m	$\pm 25\%$ **, ± 6 dB***

** Niedokładność pomiaru pola w swobodnej przestrzeni.

*** Niedokładność pomiaru pola w odległości 10 cm od pierwotnych lub wtórnych źródeł promieniowania.

G. Zestaw HOLADAY HI 3002 z sondami

Nr	Sonda	Zakres częstotliwości	Zakres pomiarowy	Niedokładność pomiaru
1	Nr 400	5-100 MHz	0,07-10 A/m	± 3 dB

* Zestaw przetestowany w laboratorium CIOP, 2002 r.

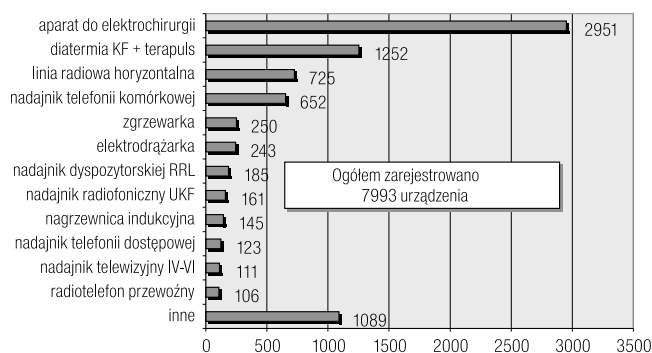
WYNIKI BADAŃ

Ocena higieniczna urządzeń zarejestrowanych w centralnej bazie danych PEM

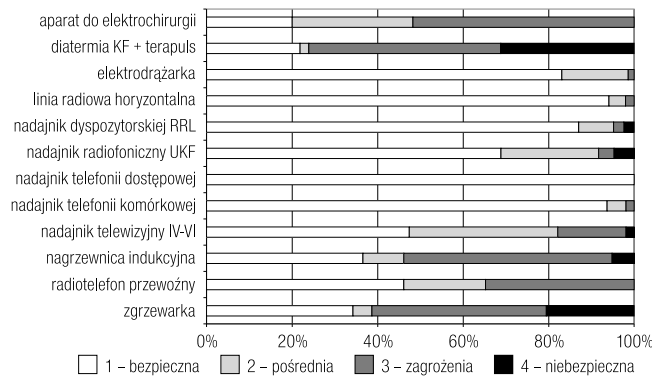
Do roku 2002 włącznie zarejestrowano w Centralnej bazie danych PEM 7993 urządzenia pracujące w zakresie częstotliwości od 0,1 MHz do 38 GHz. Wykaz wybranych urządzeń, z punktu widzenia poziomu wytwarzanego PEM, jak i ich liczebności, zarejestrowanych (skontrolowanych) wg wymienionej bazy danych przedstawiono na ryc. 1.

Analiza zgromadzonych danych wykazała, że wytwarzane PEM w otoczeniu ponad 46% urządzeń odpowiadało obszarowi spoza stref ochronnych (tzw. strefie bezpiecznej). Do urządzeń, w otoczeniu których nie stwierdzono występowania stref ochronnych zaliczono m.in. ultratony, urządzenia telefonii dostępowej (część naziemna urządzeń nadawczo-odbiorczych i sterujących z wyjątkiem samych anten), przemienniki telewizyjne, niektóre linie radiowe (część naziemna urządzeń nadawczo-odbiorczych i sterujących z wyjątkiem samych anten). Występowanie stref ochronnych stwierdzono

w otoczeniu ponad 53% skontrolowanych urządzeń, w tym strefy niebezpiecznej w otoczeniu ponad 6,7% urządzeń, co najwyżej strefy zagrożenia dla ok. 32% urządzeń, a co najwyżej strefy pośredniej dla blisko 15% urządzeń. Ważniejsze wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono na ryc. 2.



Ryc. 1. Zestawienie ważniejszych urządzeń zarejestrowanych w Centralnej Bazie Danych PEM do roku 2002.



Ryc. 2. Procentowe zestawienie stref ochronnych przy wybranych urządzeniach wg danych zgromadzonych w Centralnej Bazie Danych o Źródłach PEM.

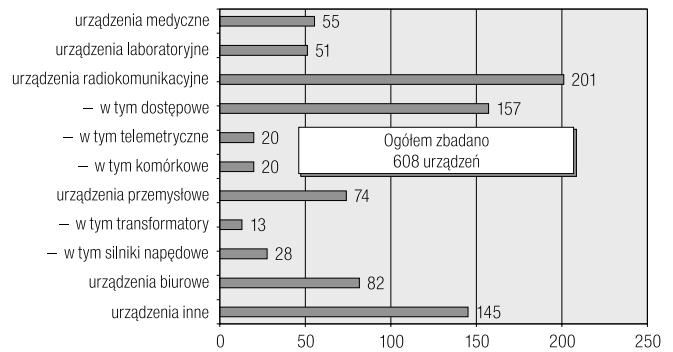
Najwyższe zmierzone wartości natężenia pola elektrycznego na stanowiskach pracy (stałych i zmiennych) przekraczały 1000 V/m przy iskiernikach (6,4% stanowisk pracy w strefie niebezpiecznej), 220V/m przy piecach indukcyjnych (6,9% stanowisk pracy w strefie zagrożenia), 1000 V/m przy aparatach do elektrochirurgii (35,5% stanowisk pracy w strefie zagrożenia), 200 V/m przy diatermiach KF (60% stanowisk pracy w strefie zagrożenia), 256 V/m przy zgrzewarkach dielektrycznych (4,8% stanowisk pracy w strefie zagrożenia).

Najwyższe zmierzone wartości natężenia pola magnetycznego przekraczały 32 A/m przy piecach indukcyjnych (6,9% stanowisk pracy w strefie zagrożenia).

Ocena higieniczna urządzeń i instalacji pracujących w zakresie częstotliwości 0 Hz – 300 GHz na podstawie badań własnych PEM w ich otoczeniu

Nowe przepisy o NDN'2001 wprowadziły po raz pierwszy obowiązek kontroli PEM w otoczeniu źródeł PEM, pracujących w zakresach częstotliwości: 0 – <50 Hz, >50 Hz – 1 kHz (pole elektryczne, pole magnetyczne), 50 Hz (pole elektryczne, dotychczas tylko pole magnetyczne), 10 MHz – 3 GHz (pole magnetyczne, dotychczas tylko pole elektryczne lub gęstość mocy). Ponadto dla większości urządzeń i instalacji normatyw ten zmienił się znacząco. Nowe przepisy o NDN'2001 dla PEM z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz, wprowadzają: 7 przedziałów częstotliwości dla pola elektrycznego, w tym 3 charakteryzujące się zależnością funkcyjną wartości NDN od częstotliwości, 6 przedziałów częstotliwości dla pola magnetycznego, w tym 2 charakteryzujące się zależnością funkcyjną wartości NDN od częstotliwości. Ponadto dla pola magnetycznego o działaniu miejscowym, w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 800 kHz, wprowadzono złagodzenie przepisów dla ekspozycji dotyczącej kończyn pracownika (ręce do łokci i nogi do kolan) przez 5-krotnie wyższą wartość NDN i 25-krotnie wyższą wartość dozy dopuszczalnej.

Badaniami szczegółowymi objęto 608 wybranych spośród ponad 1 tys. zarejestrowanych do badań urządzeń



Ryc. 3. Zestawienie ważniejszych urządzeń zarejestrowanych do badań własnych realizowanych w okresie 2002–2003.

i instalacji: radiokomunikacyjnych, przemysłowych, medycznych, laboratoryjnych, biurowych i innych. Wykaz wybranych urządzeń, z punktu widzenia poziomu wytwarzanego PEM jak i ich liczebności, zbadanych w okresie 2002–2003 przedstawiono na ryc. 3.

Analiza zgromadzonych danych wykazała, że wytwarzane PEM w otoczeniu ponad 84,5 % urządzeń odpowiadało obszarowi spoza stref ochronnych (tzw. strefie bezpiecznej). Do urządzeń, w otoczeniu których nie stwierdzono występowania stref ochronnych zaliczono:

drobny sprzęt medyczny: automatyczne strzykawki, diadynamiki, inkubatory, kwarcówki, lampy bakteriobójcze, pompy infuzyjne, pulsotroniki, respiratory, stymulatory, urządzenia do masażu podwodnego, zestawy monitorujące pacjentów;

urządzenia laboratoryjne o różnym zastosowaniu w laboratoriach naukowych: barwiarki laboratoryjne, komory klimatyczne, piece tyglowe, prasy hydrauliczne, suszarki laboratoryjne, testery koloru, wirówki;

urządzenia radiokomunikacyjne: część naziemna urządzeń nadawczo-odbiorczych i sterujących stacji radiodostępu, stacji telemetrycznych, stacji bazowych telefonii komórkowych;

urządzenia przemysłowe: silniki napędowe o mocy 15–320 kW, rozdzielnie NN, sterownie, sprężarki;

urządzenia biurowe: drukarki, w tym laserowe, kserokopiarki, lampy oświetleniowe, monitory ekranowe, szafy klimatyzacyjne, telefony bezprzewodowe, termowentylatory, wentylatory, zasilacze drukarkowe;

urządzenia studyjne: konsole foniczne, mikserskie, reżyzerskie, świetlne;

urządzenia zasilające: rozdzielnie NN, wyłączniki główne.

Występowanie stref ochronnych stwierdzono w otoczeniu ponad 15,5% skontrolowanych urządzeń, w tym: strefy niebezpiecznej w otoczeniu ponad 1,6% urządzeń, co najwyższej strefy zagrożenia dla ok. 6,7% urządzeń, a co najwyższej strefy pośredniej dla blisko 7% urządzeń. Ważniejsze wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 1.

Najwyższe zmierzone wartości natężenia pola elektrycznego w obszarze dostępnym dla pracowników przekraczały:

Tabela 1. Ważniejsze wyniki oceny higienicznej wg NDN 2001 wybranych źródeł PEM (badania własne)

Przedział częstotliwości	Częstotliwość	Nazwa źródła	Liczebność	Maksymalna wartość zmierzona			Strefy ochronne	
				E V/m	H A/m	pośrednia	zagrożenia	niebezpieczna
0-1 Hz	0 Hz	aparat do MRI (stałe pole magnetyczne)	2		400 000			2 (100%)
		piec Achesona	1		10 750		1 (100%)	
		wanna elektrolityczna	10		35 020		10 (100%)	
8-25 Hz	20-25 Hz	magnetronik	2		1393		2 (100%)	
25-820 Hz	30 Hz	magnetronik	2		2019		1 (50,0%)	1 (50,0%)
		gniazda zasilające (w tym kable)	13	210	156	10 (76,9%)		
		inkubator	13	630	3,4			
		lampa oświetleniowa - halogen 50 W	20	200	12			
		lampa oświetleniowa - żarowa 60 W	23	150	0,06			
		listwa zasilająca (ACAR)	29	320	144	4 (13,8%)		
		młynek laboratoryjny do roztrząsania	1		205		1 (100%)	
		pralka	1		80	1 (100%)		
		pralnica czteroprzedziałowa	1	290	96	1 (100%)		
		prostownik krzemowy typ 5136FW08	1		4298			1 (100%)
		przyrząd do wyznaczania właściwości filtracyjnych	1		78	1 (100%)		
		transformatory od 100 kVA do 40 MVA	7	1420	456	4 (57,1%)	2 (28,6%)	
		UPS (nieprzerwane zasilanie mocą) - wyłącznik główny (kable)	1		197	1 (100%)		
		urządzenie do masażu pneumatycznego	1		95	1 (100%)		
		zgrzewarka czołowa	1	200	654		1 (100%)	
0,82-65 kHz	60 kHz	generator do ultrakompresji	1		239			1 (100%)
10-400 MHz	27,12 MHz	diatermia KF	4	1000	5		2 (50,0%)	2 (50,0%)
		zgrzewarki w.cz.	2	600	1,73		1 (50,0%)	1 (50,0%)
		terapuls	3	150	5,47		1 (33,3%)	2 (66,7%)
		prasa w.cz. ekranowe	10	200	0,63	1 (10,0%)	9 (90,0%)	
400-2000 MHz	430 MHz	radiomodem - telemetria	20	48				
	900 MHz	anteny sektorowe - telefonia komórkowa	3	74		1 (33,3%)	2 (66,7%)	
	1800 MHz	anteny sektorowe - telefonia komórkowa	8	74		2 (25,0%)	5 (62,5%)	
		radiomodem - sieć dostępową	65	7,8				
2-300 GHz	2,45 GHz	mikrofalowy system do spopielenia próbek	1	8		1 (100%)		
	14-17 GHz	anteny satelitarne	2	51,4		1 (50,0%)	1 (50,0%)	
	23-38 GHz	linia radiowa - telefonia komórkowa	9	37		4 (44,4%)	2 (22,2%)	

1000 V/m przy diatermiach KF (dla 50% urządzeń strefa niebezpieczna), 600 V/m przy zgrzewarkach dielektrycznych (dla 100% urządzeń strefa niebezpieczna), 200 V/m przy prasach w.cz. ekranowanych (dla 90% urządzeń strefa zagrożenia), powyżej 74 V/m (15 W/m^2) przed antenami sektorowymi telefonii komórkowej (dla ponad 60 % urządzeń strefa zagrożenia), 37 V/m ($3,6 \text{ W/m}^2$) przed antenami linii radiowych telefonii komórkowej (dla ponad 22% urządzeń strefa zagrożenia). Najwyższe wartości natężenia pola magnetycznego w obszarze dostępnym dla pracowników przekraczały: 400 kA/m przy aparatach do MRI klasy 1,5T (dla 100% urządzeń strefa niebezpieczna), 35 kA/m przy wannach elektrolitycznych (dla 100% urządzeń strefa zagrożenia), 2 kA/m przy magnetronach (dla 100% urządzeń strefa zagrożenia), 5,47 A/m przy terapulsach (dla ponad 66% urządzeń strefa niebezpieczna), 5 A/m przy diatermiach KF (dla 50% urządzeń strefa niebezpieczna), 1,73 A/m przy zgrzewarkach dielektrycznych (dla 100% urządzeń strefa zagrożenia).

OMÓWIENIE

Pola elektromagnetyczne o częstotliwości 0 Hz do 300 GHz znalazły szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach:

- w energetyce są to stacje transformatorowo-rozdzielcze i linie elektroenergetyczne;

- w radiokomunikacji i łączności są to stacje nadawcze radiofoniczne i telewizyjne, radiolinie horyzontowe i satelitarne, stacje bazowe i ruchome radiokomunikacji ruchomej (radiotelefoniczne sieci dyspozytorskie, telefonia komórkowa), systemy ochrony i bezpieczeństwa publicznego, stacje radiolokacyjne, radionawigacyjne, meteorologiczne (gdzie wykorzystywane jest promieniowanie elektromagnetyczne modulowane impulsowo);

- w przemyśle są to głównie urządzenia do nagrzewania indukcyjnego, jak np. nagrzewnice indukcyjne do hartownia, urządzenia do nagrzewania pojemnościowego, jak np. zgrzewarki, suszarki czy kuchnie mikrofalowe;

- w ochronie zdrowia (urządzenia medyczne), głównie w fizykoterapii, jak np. diatermie pojemnościowe i indukcyjne, w chirurgii aparaty do elektrochirurgii, w diagnostyce spektrometry EPR, urządzenia MRI w lecznictwie (onkologia), np. akceleratory, zestawy do hipertermii;

- w nauce: w radioastronomii, badaniach kosmosu, w laboratoriach uczelni wyższych, instytutów badawczych, przemysłowych i in. są to urządzenia i układy eksperymentalne, prototypowe konstrukcje nowych urządzeń, stanowiska do testowania itp.

Ostatnio powstają nowe dziedziny zastosowania PEM jak choćby radiotelemetria – systemy monitorowania, np. podstawowych wskaźników czynności życiowych pacjentów w szpitalu, radiosterowanie, np. zdalne sterowanie rozłącznikami linii energetycznych i in., teleinformatyka – dla potrzeb usług multimedialnych, tworzenie sieci i urządzeń alarmowych, antywłamaniowych, sygnalizacyjnych i in.

Według danych Głównego Inspektora Sanitarnego (GIS) liczba urządzeń zewidencjonowanych przez inspekcję sanitarną wynosiła w 2002 r. ponad 60 tys.(6).

Funkcjonujący w Polsce od lat 70. system kontroli ekspozycji zawodowej na PEM ukierunkowany był na ocenę poziomu niepożądanych PEM od poszczególnych urządzeń i instalacji (źródeł PEM) z punktu widzenia bezpieczeństwa i higieny pracy. Obowiązujące od 2001 r. przepisy o NDN w PEM wprowadzają formalnie kontrolę poziomu ekspozycji pracowników zatrudnionych przy stosowaniu urządzeń wytwarzających PEM, określanego wartością wskaźnika ekspozycji W. Ma to istotne znaczenie w profilaktyce zagrożeń zdrowia pracowników zatrudnionych w PEM poprzez realizację: badań lekarskich (wstępnych, okresowych i kontrolnych), szkoleń w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz działań prewencyjnych, zmierzających do ograniczania ekspozycji na PEM (organizacyjnych i technicznych).

Dane dotyczące wielkości ekspozycji zawodowej na PEM są z samego założenia danymi szacunkowymi z braku dozymetrii. Ocenę ekspozycji dokonuje się na podstawie tzw. pomiarów quasi-dozymetrycznych poprzez szacowanie czasu przebywania pracowników (chronometraż, wywiad) w obszarze występowania PEM o określonym w drodze pomiaru natężeniu. Miarą tego szacowania jest doza ekspozycyjna, a klasyfikacja wielkości ekspozycji dokonywana jest poprzez wprowadzenie wskaźnika ekspozycji W. Przepisy określają częstotliwość pomiarów kontrolnych dla urządzeń wytwarzających PEM w zakresie częstotliwości 0 Hz – 300 GHz, o wartościach ze stref ochronnych. Formalnie, wszystkie urządzenia zasilane energią elektryczną są źródłem PEM. W praktyce niemożliwy i nieuzasadniony jest pomiar wszystkich urządzeń i instalacji. Podjęte badania, dotyczące oceny higienicznej blisko 9 tys. urządzeń i instalacji różnych typów wytwarzających PEM w szerokim spektrum częstotliwości stanowią bogate źródło informacji o poziomie zagrożeń występujących w ich otoczeniu. Przeprowadzona analiza wytwarzanych poziomów natężenia PEM umożliwiła przeprowadzenie selekcji ww. urządzeń i instalacji, w wyniku której ustalono, że ok. 49 % zbadanych urządzeń nie jest źródłem PEM o wartościach ze stref ochronnych. Tym samym nie znajdują dla nich uzasadnienia pomiary kontrolne PEM, gdyż ekspozycja na PEM nie występuje, bądź w przypadku ekspozycji zawodowej jest ona pomijalna. Natomiast ponad 50% zbadanych urządzeń podlega systemowi kontroli ekspozycji zawodowej na PEM. Zgromadzony materiał stanowi podstawę do dalszych analiz, dotyczących badania ryzyka dla zdrowia pracowników ekspozowanych na PEM poprzez oszacowanie wielkości ekspozycji zawodowej na PEM zarówno w oparciu o kryteria przepisów krajowych (NDN'2001) jak i międzynarodowych (ICNIRP), czy projektów UE w tym zakresie. Należy podkreślić, że obowiązujący w Polsce system kontroli ekspozycji na PEM dobrze spełnia swoje zadanie w zakresie prewencji i jest oryginalny w skali europejskiej i światowej.

WNIOSKI

1. Przeprowadzono ocenę higieniczną 8600 urządzeń i instalacji różnych typów, wytwarzających PEM w zakresie częstotliwości 0 Hz – 38 GHz w oparciu o wprowadzone w 2001 r. nowe wartości NDN.

2. W wyniku przeprowadzonych analiz ustalono, że ok. 49% zbadanych urządzeń i instalacji jest źródłem PEM o wartościach natężenia nie przekraczających wartości granicznej dla stref ochronnych. Tym samym nie znajduje dla nich uzasadnienia obowiązek wykonywania pomiarów kontrolnych PEM.

3. W wyniku przeprowadzonych analiz ustalono, że ponad 51% zbadanych urządzeń i instalacji jest źródłem PEM, o wartościach natężenia odpowiadających strefom ochronnym. Tym samym podlegają one procedurze obowiązkowej kontroli poziomu PEM jako potencjalne źródła ekspozycji zawodowej na PEM.

PIŚMIENNICTWO

1. PN-80/Z-08052: Niebezpieczne i szkodliwe czynniki występujące w procesie pracy. Klasyfikacja. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1980.
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 grudnia 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2003, nr 21, poz. 180.
3. ENV 50 166-2:1995: Human exposure to electromagnetic fields. High frequency (10 kHz to 300 GHz). European Committee for Electrotechnical Standardization, Brussels 1995.
4. 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 2002, nr 217, poz. 1833.
5. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2001, nr 4, poz. 36.
6. Aniołczyk H.: Prowadzenie Centralnego Rejestru Źródeł Emisji Pól Elektromagnetycznych dla celów higieniczno-sanitarnych. Centralny System Informatyczny Kontroli Źródeł Pól Elektromagnetycznych (Baza Danych o Źródłach PEM). Sprawozdanie z realizacji tematu IMP-03/03. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2003 [materiał niepublikowany].
7. Polska Norma PN-N-18002: Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2000.
8. PN-T-06580:2002: Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Ark. 1. Terminologia. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.
9. PN-T-06580:2002: Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Ark. 3. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.