

Bezpieczeństwo pracy i przebywania w polach elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości

Andrzej Przytułski

Żadne z działających do tej pory urządzeń radiowych i telekomunikacyjnych nie wywołało tak burzliwych dyskusji o szkodliwości pól wysokiej częstotliwości (w.cz.), jakie wywołuje łączność komórkowa. Poniżej zostanie opisane jedno ze zjawisk związane z istnieniem w wolnej przestrzeni fal elektromagnetycznych w.cz., jakim jest wnikanie ich w głąb ludzkiego ciała. Podane zostaną również najmniejsze, bezpieczne odległości od typowych źródeł tych fal, w których obecność człowieka nie powinna mieć dla niego ujemnych skutków zdrowotnych.

Dnia 26 stycznia 2010 r. GUS podał, że liczba używanych w Polsce telefonów komórkowych w 2009 r. wzrosła do 44,96 milionów wobec 44085,9 tys. w 2008 r. [1]. W Niemczech jest ich ponad 80 mln, a w Chinach ponad 815 mln. Wynika z tego, że na każdego Europejczyka przypada nieco więcej niż jeden mobilny telefon, a w Państwie Środka więcej niż co drugi Chińczyk korzysta z łączności bezprzewodowej. Dla większości ludzi zamieszkujących nasz glob telefon komórkowy stał się nieodłączny zarówno w pracy zawodowej, jak i w życiu prywatnym. Dzisiejsze telefony komórkowe zapewniają dostęp do Internetu i baz danych. WLAN i Bluetooth umożliwiają jego współpracę z komputerem. Wypada więc wiedzieć, czy telefoniczna łączność komórkowa może powodować ujemne skutki zdrowotne, a także jakie jeszcze urządzenia, z którymi styka się człowiek na co dzień lub w pracy zawodowej, mogą stanowić lub stanowią ewentualne zagrożenie. Głównymi źródłami pól elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości w wolnej przestrzeni są oprócz wspomnianych anten i skomunikowanych z nimi telefonów, radiowe i telewizyjne stacje nadawcze. Obejmują one pasma od 30 kHz do 300 GHz, co odpowiada długościom fal od 10 km do 1 mm. Źródłami fal elektromagnetycznych w.cz. są też inne urządzenia nadawczo-odbiorcze: radiołacza, radia CB, różnego rodzaju radary (komunikacyjne, lotnicze, kosmiczne, morskie i wojskowe) oraz wszystkie urządzenia z ekranami (telewizory, monitory komputerowe, wyświetlacze reklamowe i ekrany kin domowych). Również spora liczba sprzętu pracującego w medycynie dostarcza promieniowanie elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości. Przemysłowe piece indukcyjne pracują z częstotliwością dochodzącą do megaherców, wysokoczęstotliwościowe zgrzewarki dielektryczne do ok. 28 MHz, a przemysłowe i domowe kuchnie mikrofalowe do 2,45 GHz. Duża część wymienionych urządzeń oddziałuje na całą populację, a z pewną ich grupą styczność mają zatrudnieni tylko przy nich pracownicy, np. obsługa pieców indukcyjnych czy urządzeń medycznych. Stąd też przyjął się podział przy rozpa-

WORK SAFETY AND STAYING IN HF ELECTROMAGNETIC FIELDS

Abstract: None of the so-far operating radio and telecommunication equipments have given rise to such stormy discussions about harmfulness of HF fields as it is caused by mobile phones. Below will be described one of the phenomena, related to HF electromagnetic waves existing in the free space, which is penetration the depth of human body. Also, the smallest and safe distances from the typical sources of these waves will be given, in which the presence of man should not have any negative health effects for him.

trywaniu bezpieczeństwa przebywania w polach elektromagnetycznych w.cz. na ogół ludności i ludzi związanych zawodowo z tego rodzaju polami.

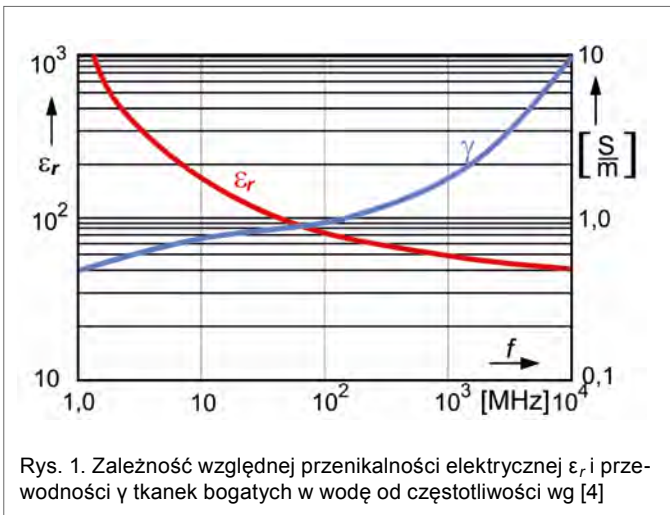
Fala elektromagnetyczna w.cz. wnikająca do ciała człowieka

Dla uproszczenia założono, że rozpatrywana fala jest płaską falą harmoniczną, a kierunek jej rozprzestrzeniania się jest prostopadły do powierzchni ciała. Nie uwzględniono przy tym całej skomplikowanej budowy ludzkiego organizmu wraz z jego komórkami, tkankami itp., a założono jedynie, że ma on parametry ważne z punktu widzenia propagacji fal. Z warunku ciągłości składowych stycznych natężenia pola elektrycznego i magnetycznego na granicy środowisk (powietrze, ciało) wynika, że różnicę pomiędzy składowymi stycznymi fali padającej i wnikającej stanowi fala odbita od powierzchni granicznej. Znając przenikalność magnetyczną μ , względną przenikalność elektryczną ϵ_r i specyficzną przewodność ciała γ (ostatnie dwa parametry zależne są w dużym stopniu od częstotliwości, rys. 1), można oszacować rząd współczynnika odbicia fali \underline{M} , który zależy od stosunku impedancji falowych obydwu ośrodków – zależność (1) [2, 3]

$$\underline{M} = \frac{\underline{Z}_p - \underline{Z}_c}{\underline{Z}_p + \underline{Z}_c} \quad (1)$$

gdzie \underline{Z}_p to impedancja falowa powietrza, a \underline{Z}_c – impedancja falowa ciała człowieka.

Dla powietrza przyjmuje się zwykle wartość impedancji falowej próżni, czyli $120\pi \Omega$. W zależności od częstotliwości padającej fali, ciało człowieka można traktować jako ośrodek do-



Rys. 1. Zależność względnej przenikalności elektrycznej ϵ_r i przewodności γ tkanek bogatych w wodę od częstotliwości wg [4]

brze lub słabo przewodzący. Rozpatrzony zostanie tu przypadek pierwszy. Dla przewodnika pochłaniającego falę elektromagnetyczną impedancja falowa określona jest wzorem (2)

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{\omega\mu}{\gamma}} e^{j\frac{\pi}{4}} \quad (2)$$

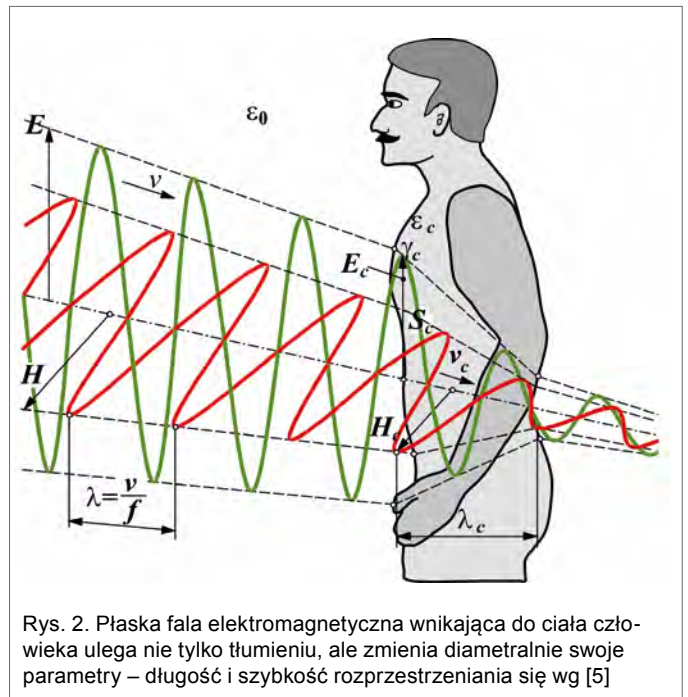
gdzie ω jest pulsacją fali. Wynika z tego, że wartość impedancji falowej ciała jest zespolona i może wahać się w dosyć szerokim zakresie.

Zakładając przewodność tkanek bogatych w wodę w granicach 1 S/m – występuje ona dla częstotliwości mniejszej od 1 GHz – można zauważyć, że impedancja falowa ciała jest rzędu porównywalnego z impedancją powietrza lub próżni. Oznacza to, że nie będą występować fale odbite i fala przychodząca z zewnątrz zostanie całkowicie zaabsorbowana przez ciało. Przypadek, dla którego następuje całkowita absorpcja fali, jest najgorszy i można go rozpatrywać nawet wtedy, gdy część promieniowania zostanie odbita, popołniając błąd w ilości pochłoniętej energii *in plus*. Fale elektromagnetyczne, wnikając do wnętrza ciała, ulegają tłumieniu. Natężenia pól dla składowej elektrycznej i magnetycznej zanikają według funkcji eksponencjalnej. Zjawisko to przedstawiono poglądowo na rys. 2. Szybkość, z jaką są one tłumione, zależy w bardzo dużym stopniu od częstotliwości. Dla przewodnika stałą tłumienia α opisuje wzór (3).

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega\mu\gamma}{2}} \quad (3)$$

Oprócz tłumienia zmieniają się też parametry samej fali, czyli jej długość i prędkość propagacji. Zmniejszenie szybkości rozprzestrzeniania się spowodowane jest przede wszystkim zwiększoną przenikalnością elektryczną ciała w stosunku do przenikalności powietrza. Z rys. 1 wynika, że jest to zależność bardzo skomplikowana, gdyż przenikalność względna zależy również od częstotliwości wnikającej fali.

Gdyby rozpatrywać ciało człowieka jako środowisko słabo przewodzące, to zależności na impedancję falową i stałą tłumienia przybrałyby bardziej skomplikowane formy i byłyby funkcjami wszystkich parametrów ciała, tj. μ , ϵ_r i γ oraz częstotliwości padającej fali [6].



Rys. 2. Płaska fala elektromagnetyczna wnikająca do ciała człowieka ulega nie tylko tłumieniu, ale zmienia diametralnie swoje parametry – długość i szybkość rozprzestrzeniania się wg [5]

Głębokość wnikania fal w.cz. w zależności od częstotliwości

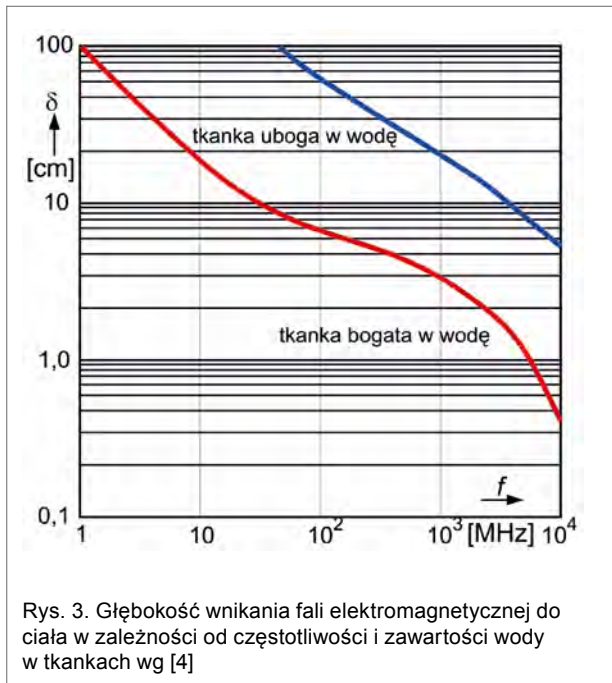
Stosując wzór (4) [2, 6], można obliczyć umowną głębokość wnikania fali δ dla środowiska dobrze przewodzącego

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\gamma}} \quad (4)$$

gdzie ω jest pulsacją fali, μ przenikalnością magnetyczną ciała, a γ jego przewodnością. Umowną głębokością wnikania fali elektromagnetycznej nazywa się odległość od powierzchni przewodnika, dla której amplituda fali maleje e-krotnie. Przyjmuje się, że warstwa przewodząca o głębokości czterech δ całkowicie wytłumia falę.

Na rys. 3 przedstawiona jest głębokość wnikania fali elektromagnetycznej do ciała dla dwóch rodzajów tkanek. Linia niebieska ważna jest dla środowiska o gorszej przewodności elektrycznej, czyli o mniejszej zawartości wody i większej zawartości tłuszczu. Dla częstotliwości mniejszej niż 100 MHz fale elektromagnetyczne przechodzą praktycznie przez całe ciało. Inaczej jest dla tkanek dobrze przewodzących, czyli bogatych w wodę – linia czerwona. Tu dla podanej częstotliwości głębokość wnikania jest nieco mniejsza niż 10 cm. Dla częstotliwości używanych dzisiaj w łączności komórkowej – 900 MHz, 1800 MHz i wyższej, głębokość wnikania fali jest jeszcze mniejsza. Przy założeniu stałości przewodności właściwej, uśrednionej dla całego ciała i wynoszącej 1 S/m oraz względnej przenikalności magnetycznej zbliżonej do jedności, głębokość wnikania fal elektromagnetycznych byłaby taka jak zilustrowano to na rys. 4.

Fale długie przechodzą przez całe ciało, gdyż głębokość ich wnikania jest rzędu metrów (najniższa niebieska linia na rys. 4), fale krótkie i ultrakrótkie to rząd centymetrów, a promieniowanie widzialne i ultrafiolet to rząd ułamków milimetrów (najwyższa niebieska linia). Zależność (4) ważna jest wyłącznie dla promieniowania niejonizującego, dlatego też teoretyczne obliczenia głębokości wnikania fali kończą się na częstotliwościach z zakresu światła.



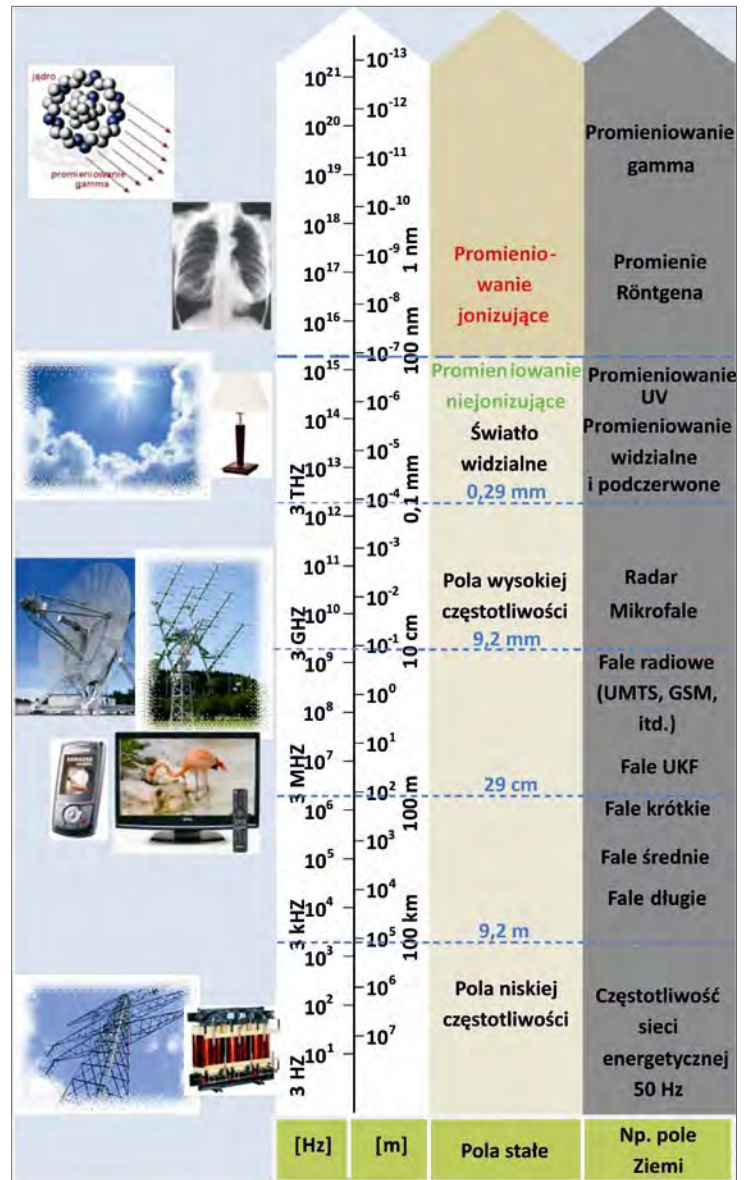
Rys. 3. Głębokość wnikania fali elektromagnetycznej do ciała w zależności od częstotliwości i zawartości wody w tkankach wg [4]

Przemiany fali elektromagnetycznej na ciepło

Ze względu na dużo większą przewodność właściwą ciała wynoszącą dla tkanek tłuszczowych i ubogich w wodę 0,1–1 S/m, a dla tkanek o dużej zawartości wody 0,3–10 S/m [4] (rys. 3), wobec przewodności powietrza równej 10⁻¹⁴ S/m fala wnikająca do ciała jest bardzo szybko tłumiona, a zaabsorbowana energia zamieniana całkowicie na ciepło zgodnie z prawem Joule'a. Pośrednią miarą tego zjawiska jest tzw. SAR (*Specific Absorption Rate*) podający moc przypadającą na jednostkę wagi ciała w W/kg. Ilość pochłanianej mocy przez dobrze przewodzące tkanki, np. mięśnie, czy dobrze przewodzące płyny ustrojowe jest znacznie większa od tej absorbowanej przez tłuszcz lub kości.

Zamiana pochłoniętej energii elektrycznej promieniowania na ciepło zależna jest w bardzo dużym stopniu od rozkładu pola elektromagnetycznego w tkankach, a tym samym od ich własności elektrycznych. Na granicach tkanek o różnych własnościach (w szczególności przy skokowych zmianach przenikalności elektrycznej ε) dochodzi do załamania i odbicia linii pola, co w konsekwencji prowadzi do powstawania fal stojących. Tworzą się wtedy obszary z silnie nierównomiernie rozłożoną gęstością objętościową mocy, zwane *hot spots*, czyli gorące punkty. Obliczenie wydzielonego w takich miejscach ciepła jest bardzo trudne. Niezwykle trudny jest też pomiar samego SAR-u. Dlatego prowadzone są liczne pomiary i badania na fantomach. Praktycznym podejściem jest wyrowadzenie na podstawie dopuszczalnego SAR-u wartości wielkości łatwo mierzalnych, podobnie jak dla pól niskiej częstotliwości, natężenia pola elektrycznego w V/m, magnetycznego w A/m oraz gęstość mocy w W/m². Dla urządzeń działających w sposób pulsacyjny, m.in. radarów, wprowadza się wielkość określającą moc impulsu.

Bardzo często nie uwzględnia się faktu, że ilość zaabsorbowanej energii zależy w bardzo dużym stopniu od stosunku długości fali do wymiarów ciała. Decydującą rolę ma tu wzrost człowieka, gdyż odgrywa on rolę quasi-anteny odbiorczej. Re-



Rys. 4. Częstotliwość i długość fali (słupki lewy) oraz głębokość jej wnikania (słupki środkowy) przy założeniu niezmienności parametrów ciała w funkcji częstotliwości

zonans (dopasowanie) występuje wówczas, gdy wzrost równy jest połowie długości rozprzestrzeniającej się fali (tzw. antena półfalowa). Ze względu na rozmiary ciała częstotliwości rezonansowe dla człowieka leżą w dużo szerszym paśmie niż np. pasmo UKF radioodbiornika. W Polsce są to częstotliwości z przedziału od ok. 88–108 MHz. Obliczając częstotliwości rezonansowe dla wzrostu od 50 do 200 cm, wynika, że jest to zakres 75–300 MHz (górna granica dla dziecka, dolna dla osoby dorosłej). W tabeli 1 zestawiono przykładowe częstotliwości odpowiadające im długości fal, źródło ich pochodzenia i wzrost człowieka, przy którym następuje najlepsza absorpcja.

W olbrzymiej liczbie publikacji opisano efekty oddziaływania pól elektromagnetycznych w.c.z. w oparciu o badania, które były prowadzone na szczurach lub myszach. Dla zwierząt tych częstotliwości rezonansowe leżą w zakresach gigahercowych, a nie megahercowych i z tych też względów nie można przeniść uzyskanych wyników bezpośrednio na człowieka. Jako przykład może służyć mysz, która przy częstotliwości rezonansowej 2 GHz absorbuje ok. sześćdziesięciokrotnie więcej ener-

Tabela 1

Częstotliwość fali w MHz	Długość fali w metrach	Źródło pochodzenia	Wzrost człowieka w cm, przy którym następuje najlepsza absorpcja fali
80	3,75	Nadajniki UKF	188
90	3,33		167
100	3,00		150
110	2,73		137
120	2,50		125
130	2,30		115
140	2,14		107

gii na jednostkę wagi ciała niż człowiek [7]. Wartości z tabeli 1 należy traktować jako orientacyjne. Nie uwzględniono tu skracania się długości fali w samym ciele, ale jak wspomniano wzrost jest quasi-odpowiednikiem rozmiaru anteny półfalowej.

Ciepło wytworzone w wyniku przepływu prądów wywołanych promieniowaniem elektromagnetycznym zakłóca procesy regulacji temperatury w organizmie. Jeżeli zaabsorbowana moc nie przekracza 1 W/kg (ciepło o takiej mocy wytwarzane jest w podstawowym procesie przemiany materii [4]), to w pełni zdrowy organizm jest w stanie poradzić sobie z takim nadmiarem. Ta dodatkowa energia usuwana jest na zewnątrz w wyniku cyrkulacji krwi, pocenia się, oddychania, ale również przez konwekcję i wypromieniowywanie. Jeżeli jednak mechanizmy regulacji temperatury „odmawiają posłuszeństwa”, to następstwem tego jest jej wzrost. Od ok. 40°C pojawiają się zakłócenia w układzie krwionośnym, od 41°C następują uszkodzenia mózgu, a przy temperaturze 43°C pojawia się udar cieplny prowadzący najczęściej do śmierci. Ta ostatnia temperatura powoduje również lokalne uszkodzenia tkanek w przypadku tworzenia się gorących punktów (*hot spots*). W zależności od gęstości wywołanego prądu i czasu jego przepływu zmiany w tkankach mogą być odwracalne, ale przy uczuciach bólu spowodowanych zbyt wysoką temperaturą są to zwykle uszkodzenia trwałe. Na szczególne niebezpieczeństwo narażone są organy słabo ukrwione, w których wytworzone ciepło nie jest odprowadzane przez przepływającą krew. Są to przede wszystkim gałki oczne i jądra. Istnieje więc niebezpieczeństwo zmętnienia soczewek (katarakta) lub wystąpienie niepłodności w wyniku przegrzania jąder. Dlatego też wszystkie międzynarodowe przepisy ustalające dopuszczalną wartość SAR-u zalecają granicę leżącą dużo poniżej mocy wytwarzanej przez kilogram ciała w podstawowym procesie przemiany materii (1 W/kg). Jako przykład można tu podać pakiet norm wydanych przez ANSI (*American National Standards Institute*) dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej. W Europie najbardziej znanym dokumentem jest dyrektywa 2004/40/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi, według której dopuszczalna moc absorbowanego promieniowania w zakresie częstotliwości od 100 kHz–10 GHz to 0,4 W/kg [8]. Jest to wartość uśredniona względem całego ciała. Dla tułowia i głowy wg cytowanej dyrektywy jest to 10 W/kg, a miejscowo dla kończyn nawet 20 W/kg. Należy jeszcze raz podkreślić, że są to przepisy dotyczące ekspozycji zawodowej. W większości krajów euro-

pejskich SAR dotyczący ogółu ludności, uśredniony dla całego ciała to 0,08 W/kg, a dla pewnych jego partii (głowy i tułowia) dawkę tę podniesiono do 2 W/kg. W ekstremalnych przypadkach do 4 W/kg. Dane takie można znaleźć w pozycji [9] literatury, a ciekawostką jest to, że przepisy podpisał sam były kanclerz Niemiec dr Helmut Kohl i minister ochrony przyrody, środowiska i bezpieczeństwa pracy reaktorów atomowych – obecna kanclerz Angela Merkel. Podobne lub zgoła identyczne wartości zalecane są przez Międzynarodową Komisję ds. Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP*) [10].

Trzeba tu wspomnieć, że Polska jest jednym z krajów o bogatej tradycji w zakresie unormowań prawnych dotyczących ochrony środowiska przed promieniowaniem elektromagnetycznym. Pierwszym aktem było Rozporządzenie Rady Ministrów z 5 listopada 1980 r. w sprawie szczególnych zasad ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym, szkodliwym dla ludzi i środowiska, zamieszczone w Dzienniku Ustaw Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej [11]. W przepisach tych ustanowiono pierwszą i drugą strefę ochronną. Jednym z ostatnich dotyczących tego problemu jest Rozporządzenie Ministra Środowiska z 30 października 2003 r. [12].

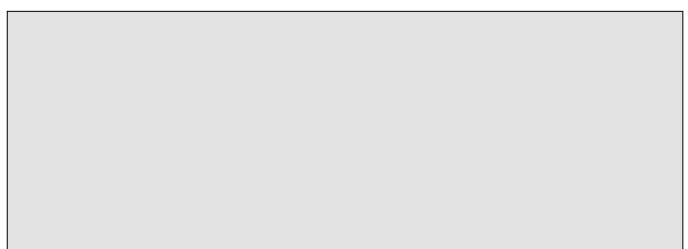
Reasumując zagadnienie przemiany energii fali elektromagnetycznej na ciepło, należy mieć na uwadze fakt, że wystąpienie w organizmie dużej gęstości prądów nawet w czasie kilku μ s uszkadza błony komórkowe. Innymi zjawiskami towarzyszącymi istnieniu pól elektromagnetycznych w.cz. są szumy i trzaski. Występują one w głowie osoby poddanej ekspozycji, a ich przyczyną są lokalne przegrzania i ich rozprzestrzenianie się.

Bezpieczne odległości od typowych anten nadawczych

Biorąc pod uwagę dopuszczalne wartości SAR-u (np. dla telefonów komórkowych) natężeń pola elektrycznego (np. dla nadajników krótkofalowych) oraz dopuszczalną gęstość mocy (np. dla stacji bazowych telefonii komórkowej) [7], ustalono bezpieczne odległości od typowych anten nadawczych, z którymi człowiek styka się na co dzień. Uzyskane wyniki ilustruje rys. 5. W niektórych przypadkach sprawdzono nie tylko gęstość mocy, ale również natężenie pola elektrycznego. Należy zaznaczyć, że bezpieczne odległości obliczone zostały w oparciu o przepisy ze źródła [9] literatury i odpowiadają one zaleceniom ICNIRP. Różnią się one od przepisów polskich podawanych w źródłach [12, 13, 14]. Przykładowo dla GSM – 900 dopuszcza się średnią gęstość mocy do 4,5 W/m², dla GSM – 1800 to 9 W/m², a dla UMTS 10 W/m².

Z zestawienia na rys. 5 wynika, że najbardziej przyjaznym urządzeniem emitującym fale elektromagnetyczne w.cz. jest telefon komórkowy, gdyż bezpieczna odległość od niego to zero metrów. Wielu producentów tych urządzeń zobowiązało się od jesieni 2001 r. do podawania wartości gęstości wypromie-

reklama



Anteny nadawcze	Bezpieczna odległość	Uwagi
Telefony komórkowe	0,0 [m]	Moc nadawania ograniczona w impulsie do 1 lub 2 W
Radary	0,5 [m]	Częstotliwość ok. 13 GHz, wymagana jest wolna przestrzeń w kierunku nadawania
	0,5 [m]	Minimalny odstęp 0,4 do 0,5 m
Stacje nadawcze telefonii komórkowej	2,3 [m]	Minimalny odstęp 2,3 m
	3,3 [m]	Minimalny odstęp 3,3 m
	3,3 [m]	Minimalny odstęp 3,3 m
Nadajniki radiowe UKF i wieże telewizyjne	2÷140 [m]	W zależności od rodzaju nadajnika od 2 do 140 m
	1,2÷270 [m]	W zależności od rodzaju nadajnika od 1,2 do 270 m
	1,2÷315 [m]	W zależności od rodzaju nadajnika od 1,2 do 315 m

Rys. 5. Typowe bezpieczne odległości od anten nadawczych różnego rodzaju mierzone w kierunku wypromieniowywania fali wg [7]

niowywanej mocy i SAR-u w instrukcjach obsługi telefonów. W Niemczech zrobiono jeszcze jeden krok do przodu, wymagając takiej informacji na samym aparacie, a nie w instrukcji, gdyż zwykle się jej nie używa lub zostaje ona zgubiona. Producenci, których telefony emitują fale nieprzekraczające dawki 0,6 W/kg, mogą ubiegać się o oznaczenie swojego produktu symbolem „niebieskiego anioła” (*Blauer Engel*) fot. 6, który jest światowym znacznikiem wyrobów i działań przyjaznych środowisku.



Fot. 6. Znaczek „Niebieskiego Anioła” (*Blauer Engel*) przyznawany od 1978 r. produktom i działaniom mającym na celu ochronę naturalnego środowiska człowieka wg [15]

Moc dużych radarów czuwających nad bezpieczeństwem lotów sięga rzędu megawatów i jeszcze po kilkuset metrach jej gęstość mocy w impulsie przekracza 10 W/m² [7]. Odległości od tych anten, w których zwykle mogą przebywać ludzie, są jednak takie, że nie zagrażają one już zdrowiu. Wywołujące duże emocje stacje bazowe telefonii komórkowej są już bezpieczne po kilku lub najwyżej kilkunastu metrach (zgodnie z wytycznymi ICNIRP). Im wyższa jest częstotliwość, na której pracuje dana sieć, tym mniejszy może być odstęp. Jeszcze jedną niezwykle ważną rzeczą jest to, że im więcej stacji (lepsze pokrycie), tym mniejsza jest moc wypromieniowywana przez aparaty trzymane bezpośrednio przy głowie, gdyż potrzebują one mniejszej mocy w celu uzyska-

nia połączenia. Z rys. 5 wynika, że najbardziej niebezpieczne są anteny nadawcze fal UKW oraz telewizyjne. Ze względu na niższą częstotliwość w porównaniu z częstotliwością telefonii komórkowej i urządzeń radarowych oraz dużą moc nadawczą bezpieczne odległości sięgają setek metrów. Jednak i tu nie występują nadzwyczajne zagrożenia, gdyż nadajniki te znajdują się zwykle na wysokich masztach lub wieżach. Oznacza to, że na ziemi pod takimi nadajnikami mogą przebywać ludzie bez obaw o swoje zdrowie.

W bardzo wielu przypadkach człowiek nie przypuszcza nawet, że wystawiony jest na działanie fal elektromagnetycznych w.cz. Podczas dokonywania zakupów w hipermarketach mało kto wie, że wiele zabezpieczeń towarów przed kradzieżą wiąże się właśnie z emisją takiego pola elektromagnetycznego. Typowe częstotliwości urządzeń przeciwkradzieżowych leżą w granicach od 1 MHz–10 GHz. W dostępnych dla klienta i kasjera odległościach gęstość wypromieniowywanej mocy nie przekracza 0,002 W/m², a więc znacznie poniżej wartości dopuszczalnej wyznaczonej przez przepisy krajowe [12] i wynoszącej 0,1 W/m².

Czy należy chronić się przed promieniowaniem elektromagnetycznym w.cz. od urządzeń powszechnego użytku?

Mimo że do tej pory nie znaleziono niezbitych dowodów na szkodliwość oddziaływania fal elektromagnetycznych w.cz. emitowanych ze sprzętów codziennego użytku, to wiele organizacji zajmujących się badaniem zjawisk i efektów związanych z promieniowaniem elektromagnetycznym wydaje zalecenia wynikające z troski,

że wiedza na ten temat może być jeszcze niepełna. Oto przykładowe zalecenia dla użytkowników telefonów komórkowych:

- jeżeli to tylko możliwe należy używać telefonów stacjonarnych;
- im krótsza jest rozmowa przez komórkę, tym mniej pochłoniętej (szczególnie przez głowę) energii pola elektromagnetycznego w.cz.;
- im lepsze połączenie ze stacją bazową, tym mniejsza jest moc wypromieniowywana przez telefon;
- telefonując z samochodu, należy używać zewnętrznej anteny i zestawu głośnomówiącego – obniża to znacznie moc wypromieniowywanej fali;
- telefonować z budynków tylko w przypadku dobrego zasięgu – efekt podobny jak w poprzednich dwóch punktach;
- przy zakupie nowego telefonu sprawdzać wartość SAR-u lub gęstości wypromieniowywanej mocy.

Na fot. 7 i 8 prezentowane są wprowadzone przez producentów odzieży kieszonki na telefony komórkowe.

Ze wspomnianych już względów wiedza dotycząca oddziaływania pól elektromagnetycznych w.cz. może być wciąż jeszcze niekompletna, trudno wydać dzisiaj jednoznaczny osąd, czy przedstawione innowacyjne rozwiązania na fot. 7 i 8 są tylko chwytem marketingowym, czy też mają niebagatelny wpływ na zdrowie użytkowników. Kupując ubranie z kieszonką na komórkę należy się bacznie przyjrzeć jej wykonaniu. Gdyby okazało się, że jest w całości uszyta z metalizowanego materiału, to telefon będzie miał prawdopodobnie duże problemy z logowaniem się do nadajnika. Jeszcze gorzej jeżeli podszew-



Fot. 7. Kieszonka MOBILE SAFE – męska kurtka wyprodukowana przez czeską firmę Blažek, zastosowany materiał redukuje, jak zapewnia producent, radiację o 99,9999%... (napis widoczny u dołu zdjęcia)

KUFNER **Shield**[®]

- ochrona przed szkodliwym wpływem telefonów komórkowych
- redukcja poziomu szkodliwego promieniowania o 99,9999% (=60 dB)
- jedna, cienka warstwa
- miękki i delikatny chwyt
- komfort i bezpieczeństwo użytkowania

Innowacyjne rozwiązania...

...made by Kufner

Fot. 8. Ulotka z kieszonki na telefon komórkowy garnituru męskiego, produkowanego przez Zakłady Odzieżowe Bytom SA

ka taka została wszyta pomyłkowo tylko od strony wierzchniej zamiast od strony ciała.

Literatura

- [1] <http://www.bankier.pl/wiadomosc/GUS-Liczba-abonentow-telefonii-komorkowej-wzrosla-do-44-96-mln-w-2009-r-2082880.html> (06.01.2010).
- [2] SIMEONI K.: *Theoretische Elektrotechnik* VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1989.
- [3] GEORG O.: *Elektromagnetische Felder und Netzwerke, Anwendungen in Mathcad und PSpice* Springer Verlag, Berlin und Heidelberg 1999.
- [4] LUCZAK H.: *Arbeitswissenschaft. 2, vollständig bearbeitete Auflage*, Springer – Verlag, Berlin und Heidelberg 1998.
- [5] PRZYTUŁSKI A.: *Efekty termiczne w ciele człowieka wywołane szybkozmiennym polem elektromagnetycznym*. „Pomiary Automatyka Robotyka” 12/2010, s. 145–149.

- [6] JASZCZYK B., WYRZYKOWSKI M.: *Podstawy elektrotechniki. Pole elektromagnetyczne część II*. Skrypt uczelniany nr 124, Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu, Opole 1989.
- [7] *Strahlung und Strahlenschutz. Eine Information des Bundesamtes für Strahlenschutz*. Salzgitter 2003.
- [8] Dyrektywa 2004/40/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:05:05:32004L0040:PL:PDF> (31.03.2011)
- [9] Sechszundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) Przepisy zatwierdzone przez Bundesrat 16 grudnia 1996 r. w Bonn.
- [10] *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics, Apr. 1998, Vol. 74, No 4.
- [11] *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 1980 r. w sprawie szczególnych zasad ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym szkodliwym dla ludzi i środowiska*. Dziennik Ustaw Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej, Warszawa, dnia 17 listopada 1980 r.
- [12] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów*. Dz. U., 2003, nr 192, poz. 1883.
- [13] MACHER M., KAUSKI M., SKRZYPEK K.: *Ochrona środowiska przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym*. Telekomunikacja i Techniki Informatyczne 3–4/2010, s. 33–46.
- [14] MACHER M., TYRAWA P., KAŁUSKI M., BIENKOWSKI P., GRUZIŃSKI E.: *Ochrona przed narażeniami elektromagnetycznymi wynikającymi z rozwoju telekomunikacji współczesnej i telekomunikacji nowych generacji – pomiary anten radiokomunikacyjnych i pól elektromagnetycznych*. Poradnik z zakresu ochrony przed narażeniami elektromagnetycznymi od systemów radiokomunikacyjnych. Wrocław 2008. <http://www.mi.gov.pl/files/0/1790133/SPIV6Poradnik2008.pdf> (31.03.2011).
- [15] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/BE_Logo_JuryUmweltzeichen_MenschUmwelt.svg/400px-BE_Logo_JuryUmweltzeichen_MenschUmwelt.svg.png (06.01.2011).

dr inż. Andrzej Przytułski – adiunkt na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej oraz nauczyciel mianowany w Zespole Szkół Elektrycznych im. T. Kościuszki w Opolu

artykuł recenzowany

reklama