

## Wpływ okularów na ekspozycje głowy na pole elektromagnetyczne od popularnych systemów radiokomunikacyjnych pracujących w paśmie UHF

**Streszczenie.** Zaprezentowano analizy współczynnika SAR od terminali systemów telekomunikacyjnych pracujących w paśmie 400/900/1800 MHz w jednorodnym modelu głowy człowieka. Autorzy skupią uwagę na skutkach bezpośredniego sprzężenia anteny radiotelefonu z głową użytkownika. W pracy wykazano, że metalowa ramka okularów wpływa na rozkłady pól elektromagnetycznych wokół głowy zwiększając wartość absorbowanej energii. Zmiany SAR w stosunku do głowy bez okularów dochodzą do 100%.

**Abstract.** Paper presents SAR coefficient changes in homogenous human head model with glasses from popular wireless telecommunication systems working in 400/900/1800MHz. The research focalized on direct coupling handheld antenna with human head model. Presented outcomes shows that metallic glasses frame has influence on distribution of electromagnetic field in surrounding human head model witch lead to increased amount of absorbed energy. Obtained SAR changes regarding head model without glasses achieve up to 100%. (**Influence of spectacle frames on exposure of electromagnetic field from popular telecommunication systems working in UHF band**).

**Słowa kluczowe:** SAR, głowa, radiotelefon, telefon komórkowy, okulary, GSM, TETRA

**Keywords:** SAR, human head, handheld, mobile phone, spectacle frame, GSM, TETRA

### Wstęp

Radiotelefony doręczne oraz telefony komórkowe są specyficznym źródłem pola elektromagnetycznego w kontekście oddziaływania PEM na użytkownika. We wcześniejszych badaniach zwracano uwagę na konieczność szerszego spojrzenia na PEM radiotelefonów doręcznych [1] niż tylko, jako źródło PEM wielkiej częstotliwości emitowane przez antenę. Zwracano uwagę na konieczność uwzględnienia w ocenie ekspozycji prądów ręki operatora pełniącej funkcję przeciwwagi anteny, wykazano występowanie pola magnetycznego niskiej częstotliwości w otoczeniu obudowy radiotelefonu, a w najnowszych pracach zwrócono uwagę na emisję z PEM od układów elektronicznych radiotelefonu i możliwą synergię tych zjawisk w złożonym oddziaływaniu radiotelefonu na jego operatora. W dobie telefonii komórkowej mogłoby się wydawać, że radiotelefony tracą na znaczeniu. Częściowo jest to prawdą w zastosowaniach amatorskich (tzw. Walkie-Talkie – rys.1.), ale w służbach profesjonalnych radiotelefony są powszechnie używane, a systemy łączności na nich oparte są wciąż rozwijane (np. Tetra). Typowy radiotelefon doręczny to zbliżona do prostopadłościanu obudowa z umieszczoną na jej górnej powierzchni anteną będącą zwykle monopolem o długości elektrycznej  $1/4$  do  $5/8 \lambda$  ( $\lambda$  - długość fali). Ze względów ergonomicznych anteny radiotelefonów nie są zwykle dłuższe niż 15-25cm. Częstotliwości pracy radiotelefonów amatorskich i profesjonalnych mieszczą się w zakresie ok. 27-450MHz, więc typowa długość fizyczna anteny jest krótsza od  $1/4$  długości fali, a zatem anteny takie muszą być wydłużane elektrycznie. Dokonuje się tego dokładając do anteny cewkę bądź całą anteną zwiżając w spiralę (tzw. anteny heliakalne). Rozkład PEM w bezpośrednim otoczeniu takiej anteny jest inny niż w otoczeniu unipola  $1/4\lambda$ . Tabela 1 przedstawia charakterystykę popularnych radiotelefonów. W telefonach komórkowych stosuje się obecnie głównie anteny mikropaskowe ze względu na ich niewielkie rozmiary oraz wielopasmowość. Najbardziej popularnym typem anteny jest PIFA (ang. Planar Inverted F Antenna). Anteny tego typu najczęściej są wykonane z laminatu mikrofalowego o odpowiednio dobranych parametrach dielektrycznych. Element promieniujący (tzw. „lata”) może być przez odpowiednią konstrukcję strojony do wymaganego pasma pracy, co pozwala na uzyskanie

współczynnika fali stojącej -  $WFS \leq 1.5$  ( $S_{11} \leq -14\text{dB}$ ) [2]. Jednocześnie anteny tego typu są wyjątkowo wrażliwe na wpływ zewnętrznych elementów metalowych, których obecność może skutkować rozstrojeniem anteny.

Tabela 1. Przegląd standardów radiotelefonów.

System	Pasma pracy [MHz]	Moc nadajnika	Długość anteny	Typ anteny/Uwagi
CB	27	0,5-4W	30 - 110cm	Krótkie – heliakalne lub z cewką wydłużającą, 110cm – antena teleskopowa wysuwana
Służby dyspozytorskie	40-50	1-10W	30-100cm	Krótkie – heliakalne lub z cewką wydłużającą, długie - spotykane coraz rzadziej anteny taśmowe w pasku na plecach
Służby dyspozytorskie / ratownicze	VHF 150-175 UHF 380-450	0,5-15W 0,5-15W	10-30cm	Heliakalne lub z cewką przedłużającą
PMR (Private Mobile Radio)	446	0,5W	3-10cm	Helikalne

W niniejszej pracy autorzy skupią się na skutkach bezpośredniego sprzężenia anteny radiotelefonów (pasma 400MHz) i telefonu komórkowego pracującego w pasmach GSM900/1800 z głową użytkownika, a dokładnej jego okularami. Przedstawione zostaną analizy względnej zmiany współczynnika SAR wewnątrz modelu głowy użytkownika z okularami i bez. Przedstawione analizy dotyczą trzech wybranych typów ramek i ich ustawień. Współczynnik SAR jest parametrem związanym z pochłanianiem energii PEM przez tkankę człowieka i, opisany jest następującym wzorem:

$$(1) \quad SAR = \frac{\sigma \times |E|^2}{\rho}$$

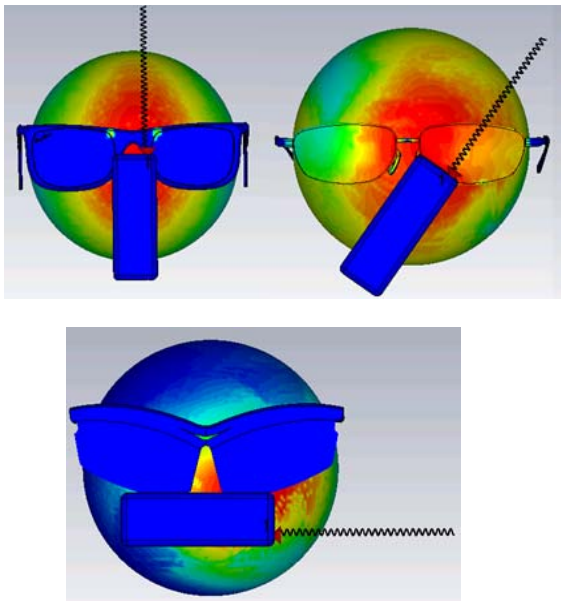
gdzie:  $\sigma$  – przewodność elektryczna tkanki (S/m),  $E$  – wartość skuteczna (RMS) PEM (V/m) oraz  $\rho$  – gęstość tkanki ( $\text{kg/m}^3$ ).



Rys.1. Przykładowy sposób trzymania radiotelefonu w trakcie rozmowy.

### Scenariusz symulacyjny.

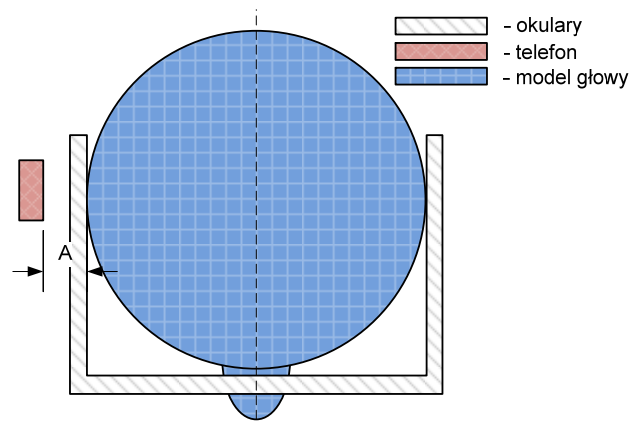
Autorzy przeprowadzili dwa scenariusze symulacyjne dla trzech systemów radiokomunikacyjnych wykorzystując zaawansowane środowisko do symulacji elektromagnetycznych CST Microwave Studio. Pierwszy scenariusz przedstawiono na rysunku 2. Jest to układ trzech różnych położzeń radiotelefonu względem głowy użytkownika. Trzy przedstawione ramki okularów są wykonane z materiału PEC, natomiast szkła są wykonane z materiału stratnego. Antena pracuje w paśmie UHF (380MHz-450MHz), obliczenia numeryczne wykonano dla częstotliwości 400MHz. Moc radiotelefonu została ustalona na  $P=1W$ . Drugi scenariusz opiera się na podobnym układzie jak w przypadku pierwszym, natomiast elementem promieniującym jest antena telefonu komórkowego umieszczonego w okolicy ucha (rys. 3). Analizowany telefon posiada antenę typu PIFA dwupasmową – pracująca w pasmach 900 oraz 1800MHz [3]. Moc telefonu komórkowego została ustalona na 0.125W. Obliczenia numeryczne wartości SAR wykonano dla częstotliwości 900MHz oraz 1800MHz [4-5]. Odległość telefonu komórkowego od modelu głowy jest stała i wynosi 20mm.



Rys. 2. Trzy ustawienia radiotelefonu dla trzech typów ramek okularów

Rysunek 3 przedstawia rzut z góry układu symulacyjnego dla telefonii GSM. W tym scenariuszu

zmieniano typy ramek okularów bez zmiany odległości telefonu komórkowego od modelu głowy. Parametry elektryczne modelu głowy zebrano w Tabeli 2



Rys.3. Rzut z góry układu symulacyjnego dla GSM900/1800.

Tabela 2. Parametry elektryczne użytego modelu głowy

Względna przenikalność	42
Pojemność cieplna [kJ/K/kg]	3600
Przewodność cieplna [W/k/m]	0,51
Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	1046
Przewodność elektryczna [S/m]	0,9

### Rezultaty

W poprzednich pracach autorów [6] wykazano wzrost wartości współczynnika SAR w przypadku używania telefonu komórkowego przez użytkownika w okularach. W niniejszej pracy rozwinięto badania wprowadzając do symulacji rzeczywiste modele ramek okularów. W przypadku radiotelefonów, ze względu na ich pracę w niższych pasmach częstotliwości a także inny sposób trzymania radiotelefonu w trakcie rozmowy, można oczekiwać również innych efektów – w tym zjawisk rezonansowych. Dla weryfikacji założeń przeprowadzono szereg obliczeń numerycznych wartości SAR. Analizowano zmiany współczynnika SAR w otoczeniu głowy użytkownika w zależności od sposobu trzymania radiotelefonu oraz kształtu i budowy opravek okularów [7-8]. Wynik analiz przedstawiono jako względną zmianę wartości SAR dla modelu głowy z okularami i bez. Wyniki te przedstawiono w Tabeli 3. w mierze decybelowej.

Podstawowy wniosek nasuwający się po analizie wyników dotyczy dużych zmian SAR przy różnych ustawieniach radiotelefonu – od efektu ekranowania głowy i zmniejszenia wartości SAR o 1 dB (25%) dla kąta odchylenia 0 stopni (antena ustawiona pionowo do góry) aż do prawie dwukrotnego wzrostu SAR (2,7dB) dla jednego z typów ramek i położenia 90 stopni (antena poziomo).

Tabela 3. Względne zmiany SAR w dB dla radiotelefonu (400MHz) dla dwóch uśrednień tkanek 1G oraz 10G.

Kąt odchylenia	Typ okularów	Uśrednienie SAR	
		1G	10G
400MHz			
0	Okulary 1	-0,3	-0,2
0	Okulary 2	0,8	1,4
0	Okulary 3	-1,0	-0,3
45	Okulary 1	0,3	0,7
45	Okulary 2	1,8	1,9
45	Okulary 3	1,2	1,0
90	Okulary 1	1,7	1,8
90	Okulary 2	2,7	2,2
90	Okulary 3	2,0	1,7

Terminale systemów radiokomunikacyjnych różnią się typem wykorzystanej anteny, wielkością, kształtem oraz sposobem trzymania podczas komunikacji. Tradycyjny telefon komórkowy trzymany jest górną częścią (głośnikiem) przy uchu użytkownika, natomiast dół obudowy, gdzie znajduje się mikrofon, jest zbliżony do ust. W scenariuszu z telefonem GSM przyjęto, że aparat telefoniczny jest nieruchomy względem modelu głowy, natomiast zmieniane są tylko ramki okularów. Tabela 4 przedstawia względne zmiany SAR dla telefonii GSM.

Tabela 4. Względne zmiany SAR w dB dla telefonii GSM900/1800 dla dwóch uśrednień tkanek 1G oraz 10G.

Typ okularów	Uśrednienie SAR			
	1G		10G	
	900MHz	1800MHz	900MHz	1800MHz
Okulary 1	2,2	2,3	1,8	1,8
Okulary 2	1,4	2,0	1,2	1,4
Okulary 3	1,9	2,1	1,6	1,9

Z uzyskanych rezultatów wynika, że dla każdego typu ramki wartość SAR zwiększyła się względem modelu głowy bez okularów. Zauważono wzrost wartości SAR od 1,2 dB do 2,3 dB. Zatem w przypadku używania okularów podczas standardowej rozmowy telefonicznej użytkownik telefonu jest narażony na zwiększone pochłanianie energii elektromagnetycznej.

#### Podsumowanie

Przeprowadzono analizę wartości SAR dla wszystkich ustawień i typów ramek z rysunku 2 dla radiotelefonów oraz telefonów komórkowych pracujących w pasmach GSM (rys.4). Analizując wyniki, można zauważyć, że okulary w pewnych przypadkach działają jak ekran elektromagnetyczny ograniczając natężenie pola na twarzy operatora radiotelefonu, jednocześnie w każdym przypadku wyraźnie wzrasta natężenie pola w okolicy uszu, co skutkuje większą wartością współczynnika SAR w tych regionach. Uzyskane wyniki potwierdzają efekt występowania wtórnego źródła promieniowania, jakim są metalowe okulary, przy czym wpływ ramek zależy od ich konstrukcji i znacznie bardziej od sposobu trzymania terminala w trakcie rozmowy. Optymalnym dla operatora w okularach ustawieniem radiotelefonu jest ustawienie pionowe radiotelefonu (antena heliakalna skierowana w górę), wtedy ilość absorbowanej energii dla dwóch typów

ramek jest mniejsza w stosunku do modelu bez okularów. W przypadku telefonów komórkowych analiza wpływu oprawek okularów użytkownika telefonu komórkowego wskazuje na znaczący wzrost wartości SAR w głowie, niezależnie od typów oprawek okularów.

#### LITERATURA

- [1] Bieńkowski Paweł, Trzaska Hubert: *Co promieniuje z komórki?*, Krajowe Sympozjum Telekomunikacji '2002, Bydgoszcz, 11-13 września 2002. [T.] C. [Warszawa : Instytut Telekomunikacji PWarsz., 2002]. s. 418-421
  - [2] Robert Borowiec, Piotr Słobodzian, A Miniaturized Antenna for 2G/3G Frequency Band Applications, *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol.48, no.2, Feb. 2006399-402.
  - [3] Omar. A. Saraereh, M. Jayawardene, P. McEvoy, J. C. Vardaxoglou, *Simulation and experimental sar and efficiency study for a dual-band pifa Handset antenna (gsm 900 / dcs 1800) at varied distances from a phantom head*, Conference *Antenna Measurements and SAR*, 2004, s.5-8.
  - [4] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation), "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)," *Health Physics*, Vol. 74, 494-522, 1988.
  - [5] IEEE Std C95.1(tm)-2005, IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz, IEEE, New York, 2005.
  - [6] Paweł Bieńkowski, Paweł Cała, *Influence of metallic spectacle frame on SAR in the head of a mobile phone user*, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, R89, nr 12, s.353-355.
  - [7] Min, Zhang, Xiao Wang, Influence on SAR due to metallic frame of glasses based on high-resolution Chinese electromagnetic human model, *Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility, April 12 -16, 2010, Beijing, China*
  - [8] Abdelhamid Hadjem, David Lautru, Christian Dale, Man Fai Wong, Victor Fouad Hanna, Joe Wiart, *Study of Specific Absorption Rate (SAR) Induced in Two Child Head Models and in Adult Heads*
- Using Mobile Phones*, IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques, vol. 53, no. 1 (2005)

**Autorzy:** dr hab. inż. Paweł Bieńkowski, prof. PWr, Politechnika Wrocławska, Katedra Telekomunikacji I Teleinformatyki, ul., Janiszewskiego 9, 50-370 Wrocław,  
E-mail: pawel.bienkowski@pwr.wroc.pl;  
mgr inż. Paweł Cała, Politechnika Wrocławska, Katedra Telekomunikacji I Teleinformatyki, ul., Janiszewskiego 9, 50-370 Wrocław, E-mail: pawel.cala@pwr.wroc.pl