

## **BADANIA INTERFERENCJI ELEKTROMAGNETYCZNYCH WYSTĘPUJĄCYCH W OBSZARZE KARDIOSTYMULATORA**

**Anna Pławiak-Mowna**

**Instytut Informatyki i Elektroniki, Uniwersytet Zielonogórski  
65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50**

*e-mail: a.mowna@iie.uz.zgora.pl*

### **STRESZCZENIE**

Problematyka pracy kardiostymulatorów serca ekspozowanych na pola elektromagnetyczne, którego jest źródłem są elementy systemu telefonii komórkowej: anteny stacji bazowych i telefonów komórkowych przestaje być domeną szpitali uniwersyteckich i kardiologów, a coraz częściej badania prowadzone są przez grupy naukowców związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną. Jak podaje literatura zaburzenia pracy kardiostymulatorów ekspozowanych na pole elektromagnetyczne występują głównie na drodze interferencji elektromagnetycznych. W pracy przedstawiono przegląd metod realizacji tego rodzaju badań przeprowadzonych w Polsce i na świecie w aspekcie eksperymentów badawczych zrealizowanych w ramach projektu badawczego „Interferencje elektromagnetyczne w kardiostymulatorach”.

### **1. WPROWADZENIE**

Problemy związane z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego na środowisko biologiczne są od kilkudziesięciu lat przedmiotem badań uczonych różnych specjalności w kraju i za granicą [3,7,9]. Oprócz wpływu bezpośredniego istnieje wpływ na urządzenia implantowane do organizmu. Szczególną grupą takich urządzeń są stymulatory serca. Godnym odnotowania jest fakt, że badania w tej dziedzinie przestają być domeną szpitali uniwersyteckich i kardiologów, a są coraz częściej prowadzone przez grupy badaczy związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną [8,9,11,13,21].

Doskonalenie metod badań interferencji elektromagnetycznych w obszarze kardiostymulatora [18] oraz realizacja projektu badawczego ‘Interferencje elektromagnetyczne w kardiostymulatorach’ [17] są związane z pracami nad ustaleniem standardu naukowego badania tych zaburzeń w obszarze kardiostymulatorów.

Istnieje ogromne społeczne zapotrzebowanie na podjęcie problemu oddziaływania pola elektromagnetycznego, którego źródłem są anteny stacji bazowych i tzw. telefonów komórkowych w kategoriach wpływu na elektromedyczne implanty stosowane w medycynie.

Znajduje to znajduje odzwierciedlenie w szerokim komentowaniu problemu na łamach literatury popularnej, broszur informacyjnych i portali internetowych przeznaczonych dla pacjentów szpitali i ośrodków implantacji kardiostymulatorów [19] oraz konferencjach naukowych poświęconych tej tematyce. Problem odbioru społecznego zagrożeń ze strony stacji bazowych odzwierciedla statystyka: na 10 000 obecnie pracujących stacji bazowych prawie połowa inwestycji spotkała się z protestami.

## **2. BADANIE INTERFERENCJI ELEKTROMAGNETYCZNYCH W STYMULATORZE SERCA - METODY BADAŃ**

Badania interakcji pól elektromagnetycznych i kardiostymulatora prowadzone są metodami: *in vitro* (stymulator umieszczony poza organizmem), *in vitro w fantomie* (stymulator umieszczony w roztworze cieczy symulującej docelowe środowisko urządzenia – tkankę biologiczną) oraz badania z udziałem pacjentów – urządzenie pracuje w docelowym środowisku [8,9,16].

Badania stymulatora w trybie *in vitro* umożliwiają dokładne określenie parametrów generowanego pola elektromagnetycznego w obszarze kardiostymulatora. W metodzie tej stymulator serca (podłączony do aparatury pomiarowej) umieszczany jest poza organizmem i poddawany działaniu technicznie generowanych pól elektromagnetycznych. Badania stymulatora tą metodą są najprostsze metodologicznie i najbardziej wiarygodne. Pozwalają one na precyzyjną aranżację odległości i położenia kardiostymulatora i źródła pola elektromagnetycznego. Zaletą metody jest możliwość jednoczesnego badania pracy stymulatora oraz dokładnego pomiaru pola elektromagnetycznego – potencjalnie zakłócającego pracę badanego stymulatora serca, pozwala ona również na dokładne określenie parametrów generowanego pola elektromagnetycznego w obszarze kardiostymulatora. Ten rodzaj badań odgrywa wykorzystywany jest do tzw. badaniach wytrzymałościowych, np. badanie funkcji stymulatora, aż do utraty jego działania. Prowadzą one do wyznaczenia krytycznej odległości między urządzeniami.

W badaniach *in vitro w fantomie* środowisko organizmu ludzkiego symuluje ciecz, której skład chemiczny imituje tkanki miękkie ciała ludzkiego. Badania w fantomie umożliwiają pomiar pola elektromagnetycznego, wywołującego reakcje stymulatora. Z wykorzystaniem tej metody badań możliwe jest dokonywanie w miarę dokładnych pomiarów zakłócającego pola elektromagnetycznego, a mianowicie progu normalnej pracy kardiostymulatora i odległości od źródła zakłóceń.

Badania z udziałem pacjentów mają na celu wykrycie ewentualnych nieprawidłowości w działaniu implantowanych kardiostymulatorów. Wykrycie ich wiąże się z analizą przebiegu sygnału impulsów generowanych przez stymulator. Badania polegają najczęściej na obserwowaniu wpływu odległości źródła pola na prawidłową, niezakłóconą pracę układu

stymulującego pracę serca. Wszelkie zaburzenia pracy stymulatora obserwowalne są na obrazie przebiegu elektrokardiogramu. Przy czym możliwe jest odróżnienie zaburzenia pracy serca i pracy urządzenia stymulującego jego pracę. Znacznie trudniejsze są jednak w tej metodzie możliwości oceny realnego natężenia pola elektromagnetycznego oddziałującego na implantowany stymulator serca.

Każda z wymienionych metod cechuje się pewnymi zaletami oraz ograniczeniami. Eksperymenty *in vitro* umożliwiają tzw. badania wytrzymałościowe – dokładny pomiar parametrów pola elektromagnetycznego przy jednoczesnym testowaniu poprawności pracy testowanego urządzenia. Badania *in vitro w fantomie* pozwalają na określenie tzw. odległości krytycznej i parametrów pola elektromagnetycznego, przy czym stymulator pracuje w cieczy symulującej organizm ludzki. W badaniach z udziałem pacjentów testuje się jakość pracy stymulatora w docelowym środowisku pracy tego urządzenia.

### **3. BADANIE INTERFERENCJI ELEKTROMAGNETYCZNYCH W STYMULATORZE SERCA - PRZEGLĄD BADAŃ W LITERATURZE I BADANIA WŁASNE**

Pojęcie „odległość krytyczna” wykorzystane w niniejszej pracy, oznacza taką odległość pomiędzy stymulatorem serca a anteną telefonu komórkowego/stacji bazowej przy której nie dochodzi do zaburzeń w pracy kardiostymulatora eksponowanego na pole elektromagnetyczne generowane przez wymienione urządzenia. Tą wielkością oraz liczbą zanotowanych zaburzeń pracy stymulatora wystawionego na działanie pola elektromagnetycznego w stosunku do ogólnej liczby przetestowanych urządzeń – opisano badania literaturowe. Syntetyczny przegląd wyników przeprowadzonych eksperymentów przedstawiony w tabelach nr 1 i 2.

W doniesieniach literaturowych przeprowadzono testy w rozmaitych warunkach, z wykorzystaniem różnych metodologii badań mających na celu poznanie jak najszerszego zakresu badanego zjawiska. Wnioski sformułowane w przedstawionych doniesieniach z badań są bardzo zróżnicowane. Od stwierdzeń o braku wystąpienia jakichkolwiek zaburzeń działania układów stymulujących pracę serca [5,15], do radykalnych wniosków, w których autorzy badań, ostrzegają pacjentów z implantowanymi stymulatorami serca przed korzystaniem z telefonów komórkowych [22].

Większość z przedstawionych badań *in vivo*, *in vitro* i *in vitro w fantomie* skupiła się na wyznaczeniu tzw. odległości bezpiecznej, oszacowanej w granicach od 5cm do 20cm w przypadku badań metodą *in vivo* oraz 13 - 20 cm dla badań *in vitro*. W doniesieniach podano, że praca kardiostymulatora nie zostanie zakłócona przez aktywne źródło pola elektromagnetycznego (telefon komórkowy), jeśli odległość między nimi nie będzie mniejsza od wartości oszacowanej odległości bezpiecznej. Sprawdzano zależność wpływu źródeł tego pola generowanych przez telefony komórkowe korzystające z różnych rodzajów sieci

telefonii komórkowej (450MHz, 900MHz i 1,8GHz) na pracę stymulatorów serca. Telefony pracowały z maksymalną mocą rzędu 2 W. Testowano wrażliwość na oddziaływanie źródła pola elektromagnetycznego – telefonu komórkowego pracującego w trzech możliwych trybach – wyszukiwanie połączenia (przychodzące i wychodzące), rozmowa, czuwanie oraz operację połączenia z telefonem stacjonarnym. Stymulatory serca po usunięciu źródła zakłóceń wracały do prawidłowej pracy bądź też został zmieniony tryb ich pracy na tzw. rytm podstawowy. Niektóre z przedstawionych badań [5,15] nie wykazały, że aktywność pola elektromagnetycznego zakłóca pracę stymulatora.

Tab. 1. Syntetyczne przedstawienie wybranych wyników badań przeprowadzonych metodą *in vivo* interferencji elektromagnetycznych antena telefonu komórkowego – stymulator serca [opracowanie własne]

Rok badań	Autorzy raportu badań	Wnioski – odległość krytyczna [cm]	Wnioski – liczba zaburzeń/liczba przebadanych stymulatorów (%)
<i>badania metodą in vivo</i>			
1995	Barbaro et al.	<b>10 cm</b>	<b>26/101 (25,7 %)</b>
1996	Chen et al.	-	<b>74/2418 (3.1 %)</b>
1996	Hayes et al.	<b>10 cm</b>	<b>106/5533 (20 %)</b>
1996	Naegli et al.	-	<b>7/26 (26.9 %)</b>
1996	Nowak et al.	-	<b>0/31 (0 %)</b>
1997	Altamura et al.	-	<b>43/200 (21.5 %)</b>
2001	Geller et al.	<b>20 cm</b>	-
2002	Cyrulo et al.	-	<b>0/63 (0 %)</b>

Tab. 2. Syntetyczne przedstawienie wybranych wyników badań przeprowadzonych metodą *in vitro* w fantomie interferencji elektromagnetycznych antena telefonu komórkowego – stymulator serca [opracowanie własne]

Rok badań	Autorzy raportu badań	Wnioski – odległość krytyczna [cm]	Wnioski – liczba zaburzeń/liczba przebadanych stymulatorów (%)
<i>badania metodą in vitro oraz in vitro w fantomie</i>			
1996	Inrich et al.	<b>20 cm</b>	<b>103/231 (44.6 %)</b>
1998	Schlegel et al.	-	<b>74/2418 (3.1 %)</b>
1996	Hayes et al.	<b>15 cm</b>	<b>21 % testów</b>
1999	Trigano et al.	<b>20 cm</b>	-
2001	Geller et al.	<b>20 cm</b>	-

Badania własne interferencji elektromagnetycznych w obszarze kardiostymulatora dla pola elektromagnetycznego generowanego przez urządzenia systemu telefonii komórkowej (antena stacji bazowej i telefonu komórkowego) przedstawione zostały w [17]. Wyniki tych badań

w przypadku źródła zakłóceń w postaci telefonu komórkowego pokrywają się w wynikami badań w literaturze. Istotnym elementem badań własnych była realizacja i przeprowadzenie testów dla źródła pola elektromagnetycznego w postaci anteny stacji bazowej [18].

W pracy [18] zaproponowano badania interferencji elektromagnetycznej metodami *in vivo*, *in vitro* oraz *in vitro w fantomie*. Stymulatory serca eksponowane były na pole elektromagnetyczne generowane przez anteny stacji bazowych i telefonów komórkowych. Wykorzystując wyniki badań z doniesień literaturowych założono, że spodziewanymi zaburzeniami w pracy stymulatora serca będą: asynchroniczna praca, transmisja zakłóceń odebranych w kanale przedsińkowym do kanału komorowego oraz zahamowanie pracy urządzenia.

Źródła promieniowania podzielono na dwie kategorie: anteny stacji bazowych oraz anteny telefonów komórkowych (częstotliwość pracy urządzeń odpowiednio 940 i 900 MHz). W pierwszym przypadku przeprowadzono badania metodą *in vivo* oraz *in vitro* (w komorze bezechowej), a w drugim metodami *in vitro* oraz *in vitro w fantomie*.

Opracowano stanowiska badawcze, dobrano próbkę pacjentów (dla badań *in vivo*) oraz dobrano parametry i warunki pracy urządzeń zakłócających pracę stymulatorów (stacji bazowych i stacji ruchomych).

#### 4. PODSUMOWANIE

Realizacja przedstawionych badań to część prac przeprowadzonych na potrzeby ustalenia standardu naukowego związanego z badaniem interferencji elektromagnetycznych w obszarze kardiostymulatora. Koordynacji badań w tym zakresie podjęło się Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu. Trwają rozmowy z Krajowym Konsultantem ds. kardiologii - prof. Grzegorzem Opolskim, Polskim Towarzystwem Kardiologicznym oraz przedstawicielami operatorów telefonii komórkowej.

#### LITERATURA

- [1] G. Altamura, et al.: *Influence of digital and analogue cellular telephones on implanted pacemakers*, Eur Heart J. vol. 18(10)/1997, pp.1528 - 29
- [2] V. Barbaro, et al.: *Do European GSM mobile cellular phones pose a potential risk to pacemaker patients*, PACE vol. 18/1995, pp.1218 – 24
- [3] Z. Bednarkiewicz: *Wpływ telefonów komórkowych na pracę stymulatorów serca*, Forum Kardiologów nr 4/2000, str.127 – 129
- [4] WH. Chen, et al.: *Interference of cellular phones with implanted permanent pacemakers*, Clin Cardiol vol. 19(11)/1996, pp.881 – 86

- [5] A. Curyło, et al.: *Wpływ telefonu komórkowego na pracę rozrusznika serca*, Folia Cardiol. tom.9 nr 2/2002, str.117 – 122
- [6] L. Geller, et al.: *Electromagnetic compatibility (EMC) of cellular phones and pacemakers*, Orv Hetil vol. 142(36)/2001, pp.1963 - 70
- [7] DL. Hayes, et al.: *Interference from wireless communication devices*, PACE vol. 19/1996, pp.1419 – 30
- [8] DL. Hayes, et al.: *Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones*, New England Journal of Medicine vol.336(21)/1997, pp.1473 – 79
- [9] W. Inrich, et al.: *Electromagnetic interference of pacemakers by mobile phones*, PACE vol.19/1996, str.1431 – 46
- [10] W. Kainz, et al.: *Electromagnetic compatibility of electronic implants – review of literature*, Wien Klin Wochenschr. Vol. 113(23-24)/2001, pp.903 - 14
- [11] A. Krawczyk, A. Pławiak-Mowna: *Kompatybilność elektromagnetyczna w biologii i medycynie*, Warszawa 2003, Instytut Naukowo-Badawczy ZTUREK, str.56 – 68
- [12] A. Krawczyk, A. Pławiak-Mowna: *Kardiostymulatory w polu elektromagnetycznym od telefonów komórkowych*, Przegląd Elektrotechniczny nr 8/2002, str.230-235
- [13] R. Kubacki, et al.: *Zaburzenia pracy kardiointymplantów w polach impulsowych mikrofalowych stacji bazowych telefonii komórkowej*, Elektromagnetyzm w medycynie i biologii, Warszawa 2004: Instytut Naukowo-Badawczy ZTUREK, str.31-38
- [14] B. Naegli, et al.: *Intermittent pacemaker dysfunction caused by digital mobile telephones*, Journal of American College Cardiology, vol. 27/1996, pp.1471 - 77
- [15] B. Nowak, et al.: *Is there a risk for interaction between mobile phones and single lead VDD pacemakers?*, PACE vol. 19/1996, pp.1447 – 50
- [16] K. Ohshita, et al.: *Experimental test system to estimate the EMI from vertical dipole array antenna on implantable cardiac pacemaker*, Maastricht 2002, XXVIIIth General Assembly of the International Union of Radio Science
- [17] A. Pławiak-Mowna, *Kompatybilność kardiostymulatorów w środowisku elektromagnetycznym – badania eksperymentalne*, Informatyka - sztuka czy rzemiosło - KNWS '04 : materiały konferencji naukowej, Zielona Góra 2004
- [18] A. Pławiak-Mowna, *Interferencje elektromagnetyczne w kardiostymulatorach - rozprawa doktorska*, Instytut Elektrotechniki, Warszawa 2005
- [19] Serwis internetowy Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego, <http://www.ptkardio.pl>
- [20] RE. Schlegel, et al.: *Electromagnetic compatibility study of the in vitro interaction of wireless phones with cardiac pacemaker*, Biomed Instrum Technol 32(6), pp.645 – 55
- [21] A. Trigano, et al.: *Electromagnetic interference of external pacemaker by walkie-talkies and digital cellular phones: experimental study*, PACE 22(4)/1999, pp.588 – 92
- [22] A. Wilke, et al.: *Influence of D-Net (European GSM standard) cellular phones on pacemaker function in 50 patients with permanent pacemakers*, PACE vol. 19/1996, pp.1456 – 58