

doi:10.15199/48.2015.12.41

Wykrywacze metalu - identyfikacja poziomego natężenia pola elektrycznego i magnetycznego

Streszczenie. W ostatnich latach popularne stają się technologie, które wykorzystują promieniowanie elektromagnetyczne w detekcji metali i innych przedmiotów znajdujących się głęboko w ziemi. Obecnie na rynku dominują wykrywacze metalu hobbystyczne, przemysłowe i georadary. Badaniu określającemu natężenia pola EM poddano dwa wykrywacze. Pierwszy to Minelab Explorer SE z wymiennymi cewkami 8, 10.5, 18 cali oraz cewką Sun Ray do detekcji przedmiotów drobnych, drugim jest Minelab E-Trac z sondą fabryczną 11 calową.

Abstract. In recent years, a technology that can utilize electromagnetic radiation in the detection of metal or other objects located deep in the ground. Currently, the market is dominated by metal detectors for hobby and industry, and georadars. The study of identification of EMF involved two detectors. The first is the Minelab Explorer SE with interchangeable coils 8, 10.5, 18 inches and coil sun ray to detect small objects, the second is the Minelab E-Trac with the probe factory 11 inch. (**Metal detectors - identification of electromagnetic emission level**).

Słowa kluczowe: emisja elektromagnetyczna, wykrywacze metalu, ekspozycja na pola elektromagnetyczne.

Keywords: electromagnetic emission, metal detectors, exposure to electromagnetic fields.

Wstęp

Ostatnie dziesięciolecie przyniosło dynamiczny rozwój technologii, które wykorzystują promieniowanie elektromagnetyczne w detekcji metali czy też innych przedmiotów znajdujących się głęboko w ziemi. Wykrywacze, czyli detektory metalu, zrodziły się dla potrzeb militarnych. Na początku ubiegłego wieku produkowano miny mające metalową obudowę i miny takie z powodzeniem można było odnaleźć za pomocą wykrywczy, zbudowanych na bazie lamp elektronowych. Obecne miny mają już często obudowę z tworzywa sztucznego, więc klasyczne minerskie wykrywacze metalu są wobec nich bezsilne. Nie znaczy to jednak, że wykrywacze metalu stały się niepotrzebne.

Wykrywacze metali hobbystyczne, przemysłowe, czy też georadary stały się przedmiotami codziennego użytku dla wybranych grup zawodowych oraz zwykłych ludzi. Były i są wykorzystywane do lokalizacji rur wodociągowych, gazowych czy przewodów energetycznych zarówno w ziemi, jak i w ścianach budynków. Bramki wykrywające metale na lotniskach i innych miejscach publicznych stały się codziennością. Zbieżna technologia to defektoskopia. Metody jej badań służą do wykrywania wad materiałowych nie powodując zmian w ich właściwościach. Stosowane są w przemyśle w celu osiągnięcia wysokiej jakości wyrobów końcowych, konstrukcji bądź urządzeń. Badaniom tym podlegają przede wszystkim złącza spawane, połączenia klejone, lutowane oraz zgrzewane. Mogą to być warstwy wierzchnie oraz podpowierzchniowe, w zależności od zastosowanej metody [8,14-16].

Mnogość zastosowań i powszechność użytkowania rodzi potrzebę przeprowadzenia badań naukowych dotyczących oddziaływania fal emitowanych przez tego typu urządzenia na ludzkie organizmy, a analizę otrzymanych wyników odnosi się do aktów prawnych precyzujących dopuszczalne poziomy natężeń [1,2,3].

Zapotrzebowanie na prowadzenie tego typu badań wynika także z niejednoznacznych doniesień naukowych dotyczących wpływu fal elektromagnetycznych na zdrowie człowieka. Wiadomo, że pewne zakresy fal stosowane są do terapii schorzeń a inne przyczyniają się do występowania niektórych jednostek chorobowych (np. obniżania płodności) [19].

Rodzaje wykrywaczy metalu

Istnieją różne konstrukcje wykrywaczy, o różnych rozwiązaniach technicznych i eksploatacyjnych, o różnej

precyzji wykonania, trwałości oraz o różnej precyzji wyszukiwania obiektów [4-8].

Wykrywacz impulsowy PI (Pulse Induction) - sonda tego wykrywacza zawiera pojedynczą cewkę zasilaną impulsem prądowym. Częstotliwość pracy ok. 100 Hz. Przepływ prądu przez cewkę powoduje wytworzenie pola magnetycznego, które z kolei obejmuje otaczającą przestrzeń. Układ odbiorczy wykrywacza rejestruje zmiany prędkości i sposobu zaniku wytworzonego pola magnetycznego. Prędkość zaniku tego pola zależna jest od tego, czy w zasięgu wykrywacza znajdują się przedmioty metalowe. [4-8]

Wykrywacz dudnieniowy BFO (Beat Frequency Oscillator) - zbudowany jest z dwóch generatorów, z których jeden stanowi wzorzec częstotliwości, drugi zaś sprzężony z cewką sondy wykrywacza reaguje zmianą częstotliwości, gdy w jego zasięgu znajduje się przedmiot metalowy. Sygnały obu generatorów mieszane są ze sobą, i posiadają dobrane częstotliwości, że w stanie neutralnym wynikiem mieszania jest sygnał o względnie stałej częstotliwości akustycznej. Zaburzenie ustalonej równowagi przez przedmiot metalowy w określonym zasięgu wykrywacza powoduje zmianę częstotliwości. Częstotliwość pracy to ok. 500 kHz. Ze względu na niskie parametry zasięgu typ ten nie jest obecnie powszechnie. [4-8]

Wykrywacz ze zbalansowaną cewką odbiorczą VLF (Very Low Frequency) - sonda tego wykrywacza zbudowana jest z dwu obwodów - nadawczego i odbiorczego. Cewka obwodu nadawczego zasilana jest stabilnym i ciągłym sygnałem sinusoidalnym, cewka wytwarza zmienne pole magnetyczne, wypełniające przestrzeń w obrębie zasięgu wykrywacza. Uzwojenie cewki odbiorczej jest umieszczone w taki sposób względem nadawczej, że w stanie neutralnym sygnał odbierany przez to uzwojenie jest minimalny. Umieszczenie w zasięgu działania wykrywacza przedmiotu metalowego powoduje zakłócenie pierwotnej równowagi (zmianę sprzężenia pomiędzy cewkami). W zależności od wielkości, odległości i rodzaju metalu zostaje zaburzona amplituda i faza sygnału odbieranego. Częstotliwość pracy ok. 5-20 kHz. Odmianą tego typu wykrywacza jest VLF-TR (Transmitter - Receiver). W tym typie cewki ułożone są prostopadle do siebie. [4-8]

Wykrywacze metali w związku z różnymi zasadami pracy, a co za tym idzie i różnymi właściwościami fizycznymi i możliwościami technicznymi mają różne zastosowania. Zaletami VLF jest duża czułość i możliwość rozpoznawania rodzaju metalu oraz eliminacja

wpływu gruntu. Tradycyjny VLF jest obecnie powszechnie stosowany. Zaletą PI jest brak obniżenia zasięgu w gruncie, wadami natomiast jest niska czułość na drobne przedmioty oraz brak rozróżniania metali.

Reakcja każdego wykrywacza określona jest przez właściwości magnetyczne materiału – przenikalność magnetyczną μ . Duże znaczenie ma także średnica sondy. Czym większa sonda, tym większy zasięg (głębokość), ale dużą sondą trudno wykryć drobne przedmioty. Właśnie dlatego zdecydowana większość wykrywaczy ma wymienne sondy o różnej wielkości, przeznaczone do poszukiwań różnych obiektów.

Skuteczność wykrycia metalu zależy od parametrów sond, czujników, od rozmiaru przedmiotu i pozycji, w której zalega w gruncie [14-16]. Najlepsze efekty uzyskiwane są wówczas, jeśli użytkownik wykrywacza ma doświadczenie z tego rodzaju aparaturą. Wysokość umieszczenia sondy detekcyjnej również ma znaczenie, wysokość 2-5 centymetrów równoległe do podłoża przez cały czas zapewnia najlepsze wyniki poszukiwań.

Obiekty poddane badaniom

Badaniu poddano dwa ręczne wykrywacze. Pierwszy to Minelab Explorer SE z wymiennymi cewkami 8, 10.5, 18 cali oraz cewką Sun Ray do detekcji przedmiotów drobnych, drugim jest Minelab E-Trac z sondą fabryczną 11 calową (rys. 1).



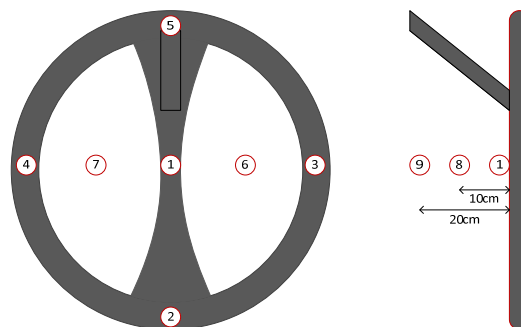
Rys.1. Zdjęcia z badań, widoczne wymienne cewki detekcyjne wykrywacza, od góry: Minelab Explorer SE z fabryczną cewką 10,5 cala, Minelab Explorer E-Trac z cewką 11 cali, Minelab Explorer SE z dodatkowym urządzeniem firmy Sun Ray do detekcji drobnych przedmiotów

Technologia FBS połączona z coraz wydajniejszymi sterującymi mikroprocesorami zapewnia wyższą głębokość wykrywania, wysoką czułość dla szerokiego zakresu przedmiotów metalowych i dokładniejszą identyfikację charakterystyki wykrywanych przedmiotów. [4-5]

Większość wykrywaczy na rynku pracuje z jedną lub dwiema częstotliwościami w zakresie od 1 do 70 kHz. Obwód FBS automatycznie i jednocześnie emituje pasmo wielu częstotliwości (sygnały nadawcze generowane są o kształtach prostokątnych). W wykrywaczach Minelab sygnały o wielu częstotliwościach wysyłane i analizowane jednocześnie dostarczają znacznie więcej informacji niż standardowy 1 lub 2 częstotliwościowy wykrywacz typu VLF. Ten zwiększony zakres częstotliwości oznacza, że sygnał odebrany z cewki wykrywacza jest analizowany w szerokim zakresie reakcji. Jednoczesna częstotliwość transmisji waha się w zakresie od 1,5–100kHz.

Badania wykrywaczy przeprowadzono w laboratorium Instytutu Elektrotechniki i Elektrotechnologii. Do badania wykorzystano miernik ESM100, który jest wyposażony jest w izotropowy czujnik pola elektromagnetycznego, umożliwiający wykonanie pomiarów zarówno składowej pola elektrycznego jak i składowej magnetycznej w paśmie częstotliwości od 5 Hz do 400 kHz w trzech kierunkach przestrzennych $E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z$ oraz łącznie E_{3D}, H_{3D} .

Badania dotyczące określania propagacji obejmują wyznaczanie zasięgów i pokrycia terenu oceniając ekspozycję pola na ludzi i środowisko. Ekspozycję porównuje się z dopuszczalnymi poziomami PEM [11]. Badania przeprowadzono w kilku punktach pomiarowych rozmieszczonych wokół cewki wykrywacza, i w różnych odległościach (rys.2). Punkty 1-7 umiejscowiono tuż nad obudową, celem określenia natężeń w jednej przestrzeni (powierzchnia obudowy), punkty 8 i 9 w pewnym oddaleniu – aby określić odległościowy zakres oddziaływania. Badania przeprowadzono w dwóch stanach pracy, z umieszczoną w bliskiej odległości płaszczyzną metalową pod cewką i w przestrzeni bez żadnych metalowych elementów.



Rys.2. Wizualizacja punktów pomiarowych wokół cewki wykrywacza

Metrologia pól elektromagnetycznych w środowisku naturalnym i w obszarze stanowiska pracy jest zagadnieniem złożonym. Oprócz wyboru metody pomiarowej, czasu, warunków wykonania pomiarów, w badaniach natężeń pól elektrycznych i magnetycznych ważne jest również sporządzenie właściwej dokumentacji i interpretacja wyników pomiarów w ujęciu wymaganym odpowiednimi przepisami z ustawy o ochronie środowiska jak i w odniesieniu do stanowiska pracy [1-3,9-11].

Szczegółowe zestawienie zmierzonych wartości natężenia pola magnetycznego prezentuje tabela 1. Przed właściwymi pomiarami zostały określone parametry otoczenia, składowa magnetyczna tła w miejscu pomiaru mieściła się w przedziale 0,08-0,11 mA/m.

Tabela 1. Wyniki natężeń pól pola magnetycznego w zakresie niskich częstotliwości (5Hz-400kHz) wokół cewek wykrywaczy, pomiary w mA/m (punkty zobrazowane na rys. 2)

punkty	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Minelab Explorer SE									
FBS800	86,6	55,6	13,6	93,2	58,2	206	54,8	37,4	4,21
FBS (400)	93,2	57,9	83,8	8,12	51,3	125	17,6	24,6	6,74
FSB10	81,1	54,3	87,4	9,97	57,8	111	43,6	28,8	8,24
FSB max	41,1	33,1	47,7	2,91	24,7	30,9	11,8	18,1	6,74
Minelab E-Trac									
FBS800	96,8	71,8	95,1	15	71,7	191	51,3	25,4	5,74
FBS (400)	46	67,8	97,8	7,57	58,3	113	15,3	24,4	9,12
FSB10	98,6	61,7	89,5	8,5	57,2	122	37	35,8	6,46
FSB max	43,9	38,7	48,9	2,67	24,4	37,1	9,94	20,3	8,46

Analogicznie prezentowane są wartości natężenia pola elektrycznego. Zmierzona składowa tła, przy wyłączonych wykrywaczach wahała się w zakresie 3,5-6,9V/m.

Tabela 2. Wyniki natężeń pól pola elektrycznego w zakresie niskich częstotliwości (5Hz-400kHz) wokół cewek wykrywaczy, pomiary w V/m (punkty zobrazowane na rys. 2)

punkty	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Minelab Explorer SE									
FBS800	18,6	21,2	19,2	14,3	25,2	11,5	14,2	16,7	4,41
FBS (400)	19,4	39,5	36,4	20,2	41,2	27,6	15,4	5,42	3,89
FSB10	17,1	16,4	12,9	12,3	52,4	9,23	7,26	5,97	5,89
FSB max	16,6	28,9	14,3	14,1	30,8	4,28	4,74	6,78	4,44
Minelab E-Trac									
FBS800	24,2	22	21,2	26	40,6	11,1	16,1	8,14	4,74
FBS (400)	62,4	36,2	28,4	12,6	35,9	24,8	17,7	14,7	8,92
FSB10	16,5	26,2	28,8	9,66	57,5	10,9	7,38	4,91	3,51
FSB max	7,97	19,5	15,3	20	14,1	7,86	22	5,55	5,17

Do obydwu wykrywaczy zostało dołączone także dodatkowe urządzenie do detekcji drobnych przedmiotów - promter. Najwyższe zmierzone wartości uzyskano tuż przy obudowie, osiągając odpowiednio dla pierwszego wykrywacza wartości 9,4 mA/m i 240 V/m, a dla drugiego 10,4 mA/m i 860 V/m.

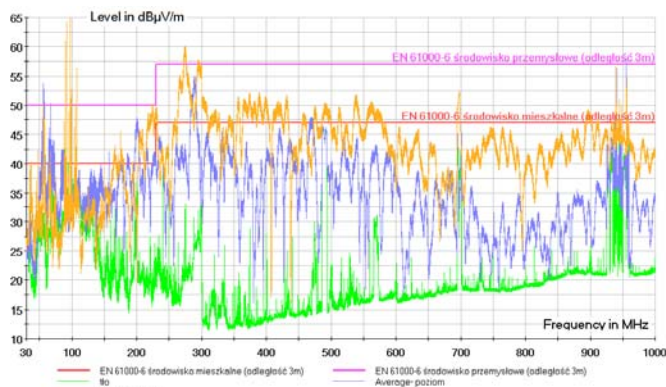
W ramach prowadzonych badań, analizie poddano także georadar firmy Mala GeoScience Easy Locator. Badany georadar współpracował z monitorem XV podłączonym do głównej jednostki zastępując klasyczny komputer-laptop do wizualizacji pomiaru (ekran dotykowy).

Obecnie do georadarów stosuje się anteny o częstotliwościach od 10MHz do 2GHz, o różnej konstrukcji: ekranowane (shielded) i nieekranowane (unshielded). Anteną o częstotliwości 400MHz rejestrujemy informację użyteczną z głębokości do około 8m (w zależności od warunków pomiarowych), zaś anteną 1GHz do głębokości około 1m, za to z doskonałą centymetrową rozdzielczością. Z uwagi na duże tłumienie fali elektromagnetycznej, jak również niewielką moc anteny nadawczej, zasięg głębokościowy georadaru nie przekracza na ogół kilkudziesięciu metrów. Głębokość penetracji georadaru zależy m.in. od częstotliwości sygnału emitowanego w głąb ośrodka. Im ta częstotliwość jest wyższa, tym zasięg mniejszy, polepsza się za to rozdzielczość pomiaru [13].



Rys.3. Zdjęcie georadaru Mala GeoScience w trakcie badań emisji elektromagnetycznej

W związku z generowaniem pól elektromagnetycznych przez georadar w wyższym paśmie częstotliwości do badania wykorzystano odbiornik pomiarowy ESC13 wraz z zestawem anten pomiarowych firmy Rohde&Schwarz. Pomiary przeprowadzono w zakresie częstotliwości 30MHz-1GHz. Wyniki w skali decybelowej prezentuje rysunek 4.



Rys. 4. Poziom emisji elektromagnetycznej georadaru Mala GeoScience Easy Locator

Podsumowanie

Eksplatacja wszystkich urządzeń i instalacji zasilanych prądem elektrycznym związana jest nierozdzielnie z zamierzonym lub pasożytniczym procesem rozpraszania w ich otoczeniu energii elektromagnetycznej. W związku z tak powszechnym wytwarzaniem pól elektromagnetycznych, jest to czynnik środowiska, który oddziałuje na wszystkich ludzi, środowisko i inne urządzenia elektryczne.

Poziom zagrożenie bezpieczeństwa wskutek oddziaływania pól elektromagnetycznych zależy od częstotliwości zmienności pola w czasie. Ponieważ pola elektromagnetyczne w przeciwieństwie do innych fizycznych czynników środowiska, jak np. hałas, nie są odczuwane zmysłami, niemożliwe jest unikanie wspomnianych zagrożeń dzięki subiektywnym odczuciom. Konieczna jest więc profesjonalna identyfikacja miejsc występowania zagrożeń i ich charakterystyki [9-11,17].

W przypadku urządzeń georadarowych i wykrywaczy pole elektromagnetyczne jest tu generowane w sposób intencjonalny. Osoby, które obsługują tego typu urządzenia są w obszarze ich oddziaływania. Typowa sytuacja to oddziaływanie cewek nadawczych na kończyny dolne w trakcie przemiatania obszaru. Zdarzają się jednak sytuacje w czasie, których podczas nachylenia lub chęci odgarnięcia ziemi wykrywacz umieszczany jest na udach (np. w pozycji

kucnej i niewyłączony wykrywacz może oddziaływać nie tylko na kończyny, ale na tułów i układ płciowy) [20].

W organizmie człowieka przebywającego w polu elektromagnetycznym występuje zaindukowany prąd elektryczny, którego skutki uzależnione są od częstotliwości pola, m.in.: w polach małych i średnich częstotliwości może wystąpić pobudzenie tkanki nerwowej lub mięśniowej, a w polach częstotliwości radiofalowych i mikrofalowych wzrost temperatury tkanek wewnątrz organizmu lub przy powierzchni skóry. Prądy indukowane mogą zakłócać naturalne procesy elektrofizjologiczne w komórkach nerwowych lub mięśniowych, powodując ich pobudzenie. Skutki termiczne mogą wywołać uszkodzenia tkanek różnego stopnia i rozległości, które mogą wystąpić zarówno na powierzchni ciała, jak i wewnątrz – zależnie od częstotliwości promieniowania. W organizmie może występować także tzw. pośrednie oddziaływanie pól elektromagnetycznych, polegające głównie na tzw. prądach kontaktowych przepływających przez ciało człowieka dotykającego obiektu metalowego, odbierającego wraz z ciałem człowieka energię pola, gromadzącego ładunek elektrostatyczny lub odprowadzającego z organizmu ładunek uprzednio na nim zgromadzony. Może to wywoływać stymulację tkanek i odczuwanie bólu, podobnie jak prądy indukowane bądź rażenie prądem przy dotknięciu instalacji elektrycznej [9,12,18-20].

W zdecydowanej większości produkowanych oraz użytkowanych urządzeń nie ma potrzeby wykonywania pomiarów i oceny ekspozycji na pole elektromagnetyczne. Badania najczęściej potwierdzają pola strefy bezpiecznej [9-11]. W przypadku analizowanego w artykule sprzętu nie wykazano przekroczeń dopuszczalnych limitów. Niemniej prowadzone niezależne badania są przejawem obaw jakie posiadają użytkownicy wykrywaczy a także uwag i wniosków wielu badań naukowych, które ciągle wskazują możliwość występowania skutków zdrowotnych ekspozycji przewlekłej nawet na stosunkowo słabe pola [17].

Dotychczasowe opracowania dotyczące wpływu fal elektromagnetycznych na zdrowie ludzkie koncentrowały się najczęściej na częstotliwościach związanych z telefonią komórkową, Wi-Fi oraz sieciami energetycznymi [17]. Wpływ urządzeń związanych z detekcją metali nie został jak dotąd szczegółowo zbadany. Niewyjaśnione dotychczas pozostaje także funkcjonowanie błon komórkowych wielu tkanek, w których istnieją kanały jonowe powinowate do fal elektromagnetycznych odpowiedzialne za metabolizm komórki [18]. Zagadką jest także powstawanie efektów epigenetycznych czyli przeprogramowania materiału genetycznego zawartego w komórkach rozrodczych pod wpływem czynników fizycznych, którego efekty uwidaczniają się w przyszłych pokoleniach [12,20]. Mnogość niewyjaśnionych zagadnień powinna skłaniać do zachowania ostrożności wobec ekspozycji na fale elektromagnetyczne. Jednocześnie rodzi to potrzebę prowadzenia dalszych badań nad ich wpływem na funkcjonowanie ludzkiego organizmu.

LITERATURA

- [1] 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. Nr 192/03, poz. 1883)
- [2] Ustawa „Prawo Ochrony Środowiska” z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. 2001.62.627 z dnia 20 VI 2001 r.) ze zmianami
- [3] 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. (Dz. U. 2002 nr 217 poz. 1833)
- [4] Explorer SE, manual, revision 1.1, www.minelab.com
- [5] E-Trac instrukcja obsługi, numer katalogowy 4901-0085, www.minelab.com
- [6] Górecki P., Wykrywacze metali, Elektronika dla wszystkich, 4/98, 29-35
- [7] Górecki P., Wykrywacze metali, Elektronika dla wszystkich, 5/98, 25-29
- [8] Grudziński E., Szczepaniak M., Wytwarzanie i pomiary pól elektromagnetycznych w badaniach urzędów i sprzętu techniki wojskowej, Kongres Metrologii 2007
- [9] Karpowicz J., Gryz K., Specyfika pomiarów i oceny wolnozmiennych pól magnetycznych w środowisku pracy. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, 2001, nr 2
- [10] Mazurek P. A., Masłowski G., Przytuła K., Badania emisji pól elektromagnetycznych, I Sympozjum Naukowe Elektryków i Informatyków, materiały pokonferencyjne, [Red:] Filippek P., Mazurek P.A., Lublin: Politechnika Lubelska, 2011, 89-94
- [11] Mazurek P. A., Rozkład emisji pola elektrycznego i magnetycznego wokół reaktora plazmowego typu GLIDARC, Przegląd Elektrotechniczny, nr 12/2010, 95-99
- [12] Nikjoo H. Radiation track and DNA damage. Iran.J. Radiat.Res., 2003 1(1), 3-16
- [13] Nelson Carl V., Metal Detection and Classification Technologies, Johns Hopkins Apl. Technical Digest, volume 25, number 1 (2004), 62-67
- [14] Ptak P., Znaczenie pomiarów defektoskopowych w aspekcie bezpieczeństwa w transporcie i przemyśle, Technika, Informatyka, Inżynieria bezpieczeństwa, prace naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Częstochowa 2014, 267-276
- [15] Ptak P., Borowik, L., Dokładność czujników indukcyjnych w defektoskopii warstw ochronnych urządzeń elektrycznych, Przegląd Elektrotechniczny, nr 12/2014, s.277-280
- [16] Ptak, P., Borowik, L., Dobór częstotliwości i rodzaju sygnału czujnika indukcyjnego na potrzeby pomiaru grubości wielowarstwowych powłok ochronnych. Przegląd Elektrotechniczny, 2012 nr 12b, s. 245-247, ISSN 0033-2097
- [17] Singh S., Kapoor N. Review Article . Health Implications of Electromagnetic Fields, Mechanisms of Action, and Research Needs. Advances in Biology Volume 2014 (2014), Article ID 198609
- [18] Walleczek J. Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signaling. FASEB J. 1992 Oct, 6(13), 3177-85
- [19] Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H. Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. Ann Agric Environ Med. 2007, 14(1), 169-72
- [20] Wdowiak A. Sperm epigenetic profile and risk of cancer. J. Pre-Clin. Clin. Res. 2014 vol. 8 nr 2 s. 67-70.

Autorzy: dr inż. Paweł A. Mazurek, Politechnika Lubelska, Instytut Elektrotechniki i Elektrotechnologii, ul. Nadbystrzycka 38A, 20-416 Lublin, E-mail: p.mazurek@pollub.pl; dr n. med. Artur Wdowiak, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Pracownia Techniki Diagnostycznych, ul. S. Staszica 4-6, 20-081 Lublin, E-mail: artur.wdowiak@umlub.pl.