

DIAGNOSTYKA PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH W WYBRANYCH STACJACH RADIOLOKACYJNYCH

Wojciech BREJWO, Jacek PAŚ

Instytut Systemów Elektronicznych
Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, wbrejwo@wat.edu.pl, jpas@wat.edu.pl

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań pól elektrycznych i magnetycznych, z zakresu częstotliwości od 5 Hz do 100 kHz, przy wybranych urządzeniach w stacjach radiolokacyjnych. Przedstawiono wyniki badań charakterystyk widmowych tych pól. Szczególną uwagę zwrócono na wytwarzane przy wskaźnikach radiolokacyjnych pola elektromagnetyczne, które uważane są za istotny czynnik wpływający na warunki pracy operatorów.

Słowa kluczowe: pola elektryczne i magnetyczne, widma, stacje radiolokacyjne.

DIAGNOSTICS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN CHOSEN RADAR STATIONS

Summary

In the elaboration there were presented the results of measurements of electric and magnetic fields in the 5 Hz - 100 kHz range. The research was carried out near selected devices of radar stations. Besides, there were presented the results of the measurements of the splittings of the spectrum. Electromagnetic fields induced near the radar displays, regarded as an important factor, which influences the working conditions of crew, were especially taken into consideration.

Keywords: electric and magnetic fields, spectrum, radar stations.

1. WSTĘP

Diagnozowanie pól elektromagnetycznych w środowisku zawodowym (cywilnym i wojskowym) oraz dostępnym dla ogółu ludności jest niezbędne dla ochrony przed ich niekorzystnym oddziaływaniem. W skład czynności związanych z diagnozowaniem pól elektromagnetycznych wchodzi: rozpoznanie źródeł pól, określenie wartości ich parametrów, rozkładów przestrzennych oraz charakterystyk widmowych badanych pól.

Mianem *kompatybilności elektromagnetycznej* określa się warunki dopuszczalne dla oddziaływania zewnętrznych pól elektromagnetycznych na pracę urządzeń elektronicznych oraz sprzętu zawierającego układy elektroniczne. Zgodnie z zapisami występującymi w międzynarodowej normie IEC 50 (161) z 1990 r., zawartymi następnie w projekcie Polskiej Normy Pr. PN-T-01030 przyjmuje się, że: „*kompatybilnością elektromagnetyczną jest zdolność urządzenia lub systemu do zadowalającego działania w określonym środowisku elektromagnetycznym, również bez wprowadzania do tego środowiska niedopuszczalnych zaburzeń elektromagnetycznych*”. Zgodnie z wymienioną normą: „*zaburzeniem elektromagnetycznym nazywa się dowolne zjawisko elektromagnetyczne, które może*

obniżyć jakość działania urządzenia lub systemu, albo niekorzystnie wpływać na materię żywą i nieżywą” [1][2].

Zaburzenia elektromagnetyczne powstają głównie w wyniku niezamierzonego wytwarzania pól elektromagnetycznych w czasie pracy różnego rodzaju urządzeń elektronicznych, elektrotechnicznych, instalacji elektrycznych itp. Przyczyniają się one do kształtowania środowiska elektromagnetycznego w miejscu pracy, w obiektach użyteczności publicznej i w miejscach wypoczynku. Mogą wywierać istotny wpływ na pracę urządzeń wrażliwych na działanie zewnętrznych pól elektromagnetycznych oraz na zdrowie osób przebywających w ich zasięgu [3].

Przyjęcie zakresu częstotliwości, w którym promieniowanie elektromagnetyczne określa się mianem „fal małej częstotliwości” jest umowne. Zalicza się do nich pola elektromagnetyczne o częstotliwości mniejszej od kilkudziesięciu kHz. Tego rzędu częstotliwościom odpowiadają bardzo duże długości fal. (Przebiegom o częstotliwości 50 Hz odpowiadają fale o długości 6 000 km, częstotliwości 10 kHz odpowiadają fale o długości 30 km). – W przypadku badania pól elektromagnetycznych o małych częstotliwościach, w związku z tak dużymi długościami fal w stosunku do odległości od źródeł, w której dokonuje się pomiarów parametrów pól, rozpatruje

się oddzielnie składową elektryczną i składową magnetyczną pola elektromagnetycznego.

Ogólnie uważa się, że głównym zagrożeniem dla osób pracujących w stacjach radiolokacyjnych jest promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu wielkich częstotliwości (rzędu GHz). Celem pracy było zbadanie środowiska elektromagnetycznego w tych obiektach, w zakresie małych częstotliwości, pod kątem możliwości niekorzystnego oddziaływania na operatorów i urządzenia techniczne.

W pracy przytoczono przykładowe wyniki badań pól małej częstotliwości, emitowanych przez wskaźniki radiolokacyjne (urządzenia elektroniczne zawierające lampy elektronopromieniowe) oraz przez inne urządzenia elektroniczne i elektryczne wchodzące w skład stacji radiolokacyjnych [4].

2. WARUNKI I WYNIKI POMIARÓW

Pomiary składowych elektrycznej i magnetycznej pola elektromagnetycznego przeprowadzono w uwarunkowanych względami pomiarowymi zakresach częstotliwości: od 5 Hz do 2 kHz – ELF (Extremely Low Frequencies) oraz od 2 kHz do 100 kHz – VLF (Very Low Frequencies). Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych oraz w warunkach rzeczywistych, na stanowiskach pracy.

2.1. Pomiary pól przy wskaźnikach radiolokacyjnych, w warunkach laboratoryjnych

Wykonano pomiary natężenia **E** pola elektrycznego oraz indukcji **B** pola magnetycznego przy dwóch typów wskaźnikach radiolokacyjnych. Badając rozkłady **E** i **B** przyjęto charakterystyczne odległości od ekranów urządzeń równe: 10 cm, 30

cm, 50 cm. Dystans 30 cm stanowi odległość, na jaką praktycznie może zbliżyć się do ekranu głowa osoby pracującej przy wskaźniku radiolokacyjnym, (podobnie jak przy monitorze komputerowym). Odległość 50 cm jest typowa dla określenia wartości dopuszczalnych, które są przyjmowane w normach.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów uzyskanych przy wskaźnikach radiolokacyjnych oznaczonych symbolami WRH i WRP. Posiadały one ruchome podstawy czasu wyzwalane z częstotliwością 375 Hz.

We wskaźniku WRH, z prostokątnym ekranem, początek podstawy czasu był umieszczony w lewym dolnym rogu ekranu. Częstotliwość przemieszczania się podstawy czasu z dołu ekranu do góry i z powrotem wynosiła 0,3 Hz. We wskaźniku WRP, z ekranem kołowym, początek podstawy czasu będącej promieniem koła umiejscowiony był w środku ekranu. Podstawa czasu obiegała ekran zgodnie z ruchem wskazówek zegara z częstotliwością 0,05 Hz.

Przemieszczanie się podstawy czasu z określoną częstotliwością powodowało występowanie maksymalnych i minimalnych wartości mierzonych parametrów w badanym obszarze, w takt zmian jej położenia. W przypadku wskaźników z wiązką elektronową odchylaną przy pomocy cewek, zmiany wartości mierzonych parametrów występowały w zakresie ELF i VLF. Przy wskaźnikach z wiązką elektronową odchylaną za pomocą napięcia sterowanego cyfrowo, wyżej wymienione zmiany występowały przy pomiarze indukcji **B** pola magnetycznego w zakresie VLF oraz natężenia **E** pola elektrycznego w zakresie ELF.

Tabela 1. Wyniki pomiarów indukcji **B** pola magnetycznego w zakresie małych częstotliwości przed wskaźnikami radiolokacyjnymi

Odległość od ekranu w cm	Wartości max. i min. indukcji magnetycznej B przed wskaźnikami radiolokacyjnymi, dla różnych zakresów częstotliwości							
	WRH				WRP			
	ELF [μ T]		VLF [nT]		ELF [μ T]		VLF [nT]	
	B_{max}	B_{min}	B_{max}	B_{min}	B_{max}	B_{min}	B_{max}	B_{min}
10	2,14	0,93	414	259	0,30	0,30	6,8	3,7
30	0,50	0,33	89	52	0,20	0,20	1,4	1,0
50	0,26	0,22	30	18	0,15	0,15	0,7	0,8

Tabela 2. Wartości indukcji **B** pola magnetycznego w funkcji odległości od wentylatora i zasilacza wskaźnika radiolokacyjnego

Urządzenie	Odległość [cm]	0	10	20	30	40	50	60	70
Wentylator	ELF: B [μ T]	12,8	1,6	0,6	0,4	0,3	0,2	-	-
	VLF: B [nT]	47	4,8	3,2	2,1	1,1	0,8	-	-

W trakcie pomiarów ustalono również, że źródłami pól magnetycznych są elementy składowe wskaźnika radiolokacyjnego, tj. wentylator wbudowany nad ekranem oraz zasilacz umieszczony pod pulpitem sterowniczym. Wyniki pomiarów indukcji B pola magnetycznego w funkcji odległości od tych urządzeń przedstawiono w tabeli 2.

W wyniku pomiarów pól elektrycznych pochodzących od opisanych urządzeń stwierdzono występowanie natężenia E pola rzędu kilkudziesięciu V/m, w niewielkich odległościach od obudowy.

2.2. Pomiary pól w stacjach radiolokacyjnych

W następnym etapie badań dokonano pomiarów parametrów pól elektromagnetycznych małej częstotliwości w stacjach radiolokacyjnych. Niżej przedstawiono wyniki badań uzyskane w wozie nadawczo – odbiorczym stacji, w której stwierdzono podwyższone wartości parametrów badanych pól.

W wyniku pomiarów natężenia E pola elektrycznego w stacji stwierdzono występowanie podwyższonej wartości tego parametru przy obudowie nadajnika, gdzie w zakresie ELF otrzymano wartość $E = 620$ V/m. Ale już w odległości kilkunastu cm natężenie pola wydatnie malało. W przeważającej przestrzeni wozu nadawczo – odbiorczego wartość E wynosiła kilkanaście lub kilka V/m. W zakresie VLF występowało bardzo małe natężenie pola elektrycznego.

Stwierdzono natomiast występowanie obszarów o podwyższonych wartościach indukcji magnetycznej B wokół kilku urządzeń wchodzących w skład kabiny stacji radiolokacyjnej. Wyniki pomiarów B w funkcji odległości przy tych urządzeniach podano w tabeli 3.

Ponadto stwierdzono występowanie podwyższonej indukcji B pola magnetycznego

(w zakresie ELF) w następujących obszarach stacji: nad podłogą przy wejściu $B = 15$ μ T, pod sufitem przy wejściu $B = 3,8$ μ T. W miejscu pracy operatora: nad pulpitem sterowniczym wskaźnika przenośnego $B = 1,9$ μ T, wskaźnika stacjonarnego $B = 0,98$ μ T; nad podłogą przy wskaźniku przenośnym $B = 3,2$ μ T, stacjonarnym $0,7$ μ T; nad fotelem operatora przy wskaźniku przenośnym $B = 2,3$ μ T, stacjonarnym $B = 1,42$ μ T.

Pomiary rozkładów pola przy wskaźniku przenośnym i stacjonarnym wykazały, że w przestrzeni wokół tych wskaźników wartości indukcji tła są większe od wartości pól wytwarzanych przez same wskaźniki.

2.3. Pomiary charakterystyk widmowych w stacjach radiolokacyjnych

Przedstawione wyżej wyniki dotyczyły pomiarów parametrów pola elektrycznego i magnetycznego zmierzonych w pasmach częstotliwości ELF oraz VLF. Dokładniejsze diagnozowanie środowiska elektromagnetycznego wymaga znajomości charakterystyk widmowych tych pól. W trakcie badań dokonano pomiarów charakterystyk widmowych natężenia pola elektrycznego E oraz indukcji pola magnetycznego B w stacjach radiolokacyjnych. „Bożena” i „Justyna”. Rozkłady widmowe natężenia pola elektrycznego E w tych stacjach, w zakresie częstotliwości ELF, przedstawiono na rys. 1 i 2. Jak można zauważyć w obu przypadkach, w przedziale częstotliwości do 800 Hz, występuje osiem składowych widma o różnych częstotliwościach i wartościach natężenia E pola elektrycznego. Rozkład prążków, o zdecydowanie większych wartościach E w stacji „Bożena” jest równomierny w badanym zakresie częstotliwości, natomiast w stacji „Justyna” daje się zauważyć jego zagęszczenie w przedziale częstotliwości do 350 Hz. Na rys. 3 przedstawiono charakterystykę

Tabela 3.

Wartości indukcji B pola magnetycznego w zakresie ELF w funkcji odległości od urządzeń składowych stacji radiolokacyjnej

Odległość	Rodzaj urządzenia						
	A	B	C	D	E	F	G
[cm]	B [μ T]	B [μ T]	B [μ T]	B [μ T]	B [μ T]	B [μ T]	B [μ T]
0	30,0	200,0	7,5	1,9	4,5	8,0	24,0
10	14,0	130,0	9,2	1,8	2,7	8,0	17,0
20	8,2	91,0	9,2	1,8	1,7	6,3	13,0
30	5,5	63,0	7,3	1,7	1,3	4,4	9,0
40	3,9	51,0	6,5	1,7	1,1	3,3	7,0
50	5,0	38,0	6,0	1,7	0,9	2,9	6,0

A – Modulator, B – Stabilizator napięcia, C – Urządzenie rozpoznania, D – Wskaźnik przenośny, E – Blok włączania-wyłączania, F – Nadajnik mikrofalowy, G – Blok sterowania nadajnikiem.

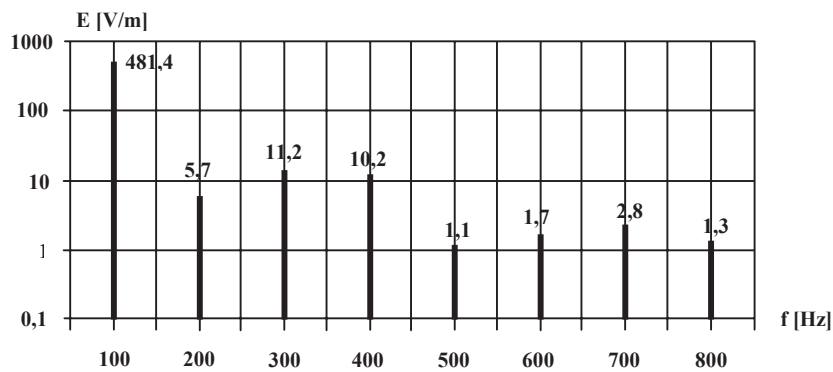
widmową w przedziale częstotliwości odpowiadającemu zakresowi VLF, otrzymaną w stacji „Bożena”. W tym przypadku zauważono tylko jedną składową widma, o częstotliwości około 7,9 kHz.

Przykładowe rozkłady indukcji B pola magnetycznego w zakresie częstotliwości ELF, w wybranych przestrzeniach obu badanych stacji przedstawiono na rys. 4, 5 i 6. Jak można zauważyć, występuje znaczne zróżnicowanie liczby prążków widma w zakresie częstotliwości do 400 Hz w obu stacjach. W stacji radiolokacyjnej „Bożena” występuje 11 składowych widma, o bardziej równomiernym rozkładzie. Natomiast w stacji „Justyna” stwierdzono trzy składowe w pobliżu wyłączonych silników napędów i siedem

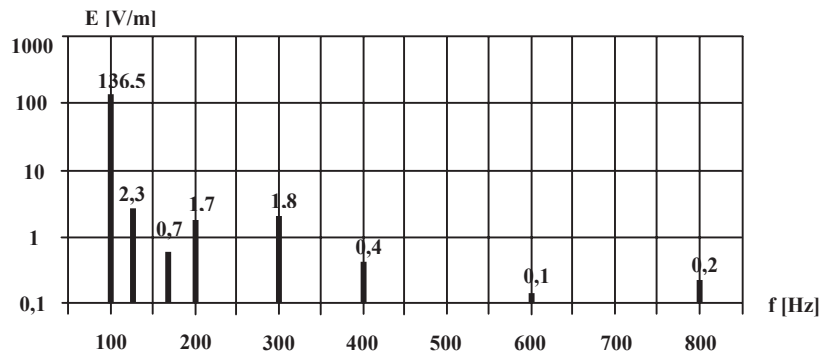
składowych po ich załączeniu. Zróżnicowanie wartości indukcji B w badanych obszarach wiąże się z różnymi właściwościami pracujących urządzeń oraz różnymi warunkami pomiarów w badanych obiektach.

Badając charakterystyki widmowe indukcji B pola magnetycznego w zakresie częstotliwości VLF, zaobserwowano jedną dość znaczną składową widma w stacji Bożena, odpowiadającą częstotliwości około 7,6 kHz.

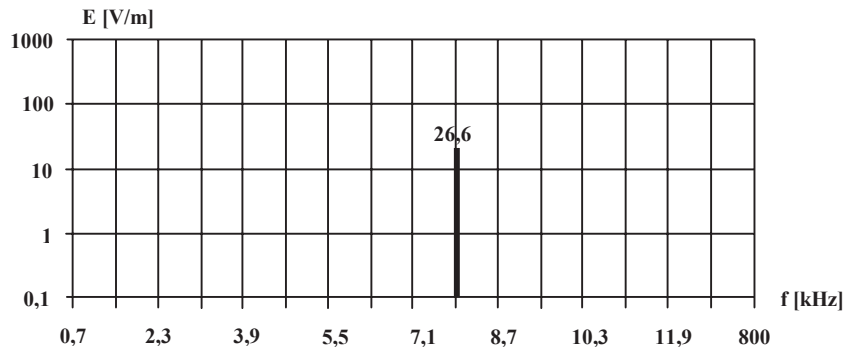
Na rys. 7 przedstawiono charakterystykę widmową indukcji B pola magnetycznego w zakresie częstotliwości VLF w stacji radiolokacyjnej „Bożena”.



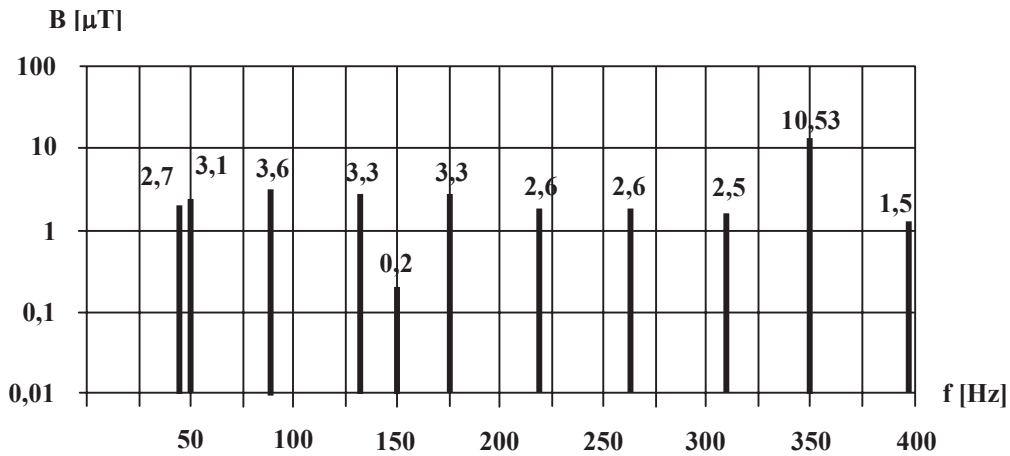
Rys. 1. Charakterystyki widmowe natężenia E pola elektrycznego w zakresie częstotliwości ELF w stacji radiolokacyjnej „Bożena”



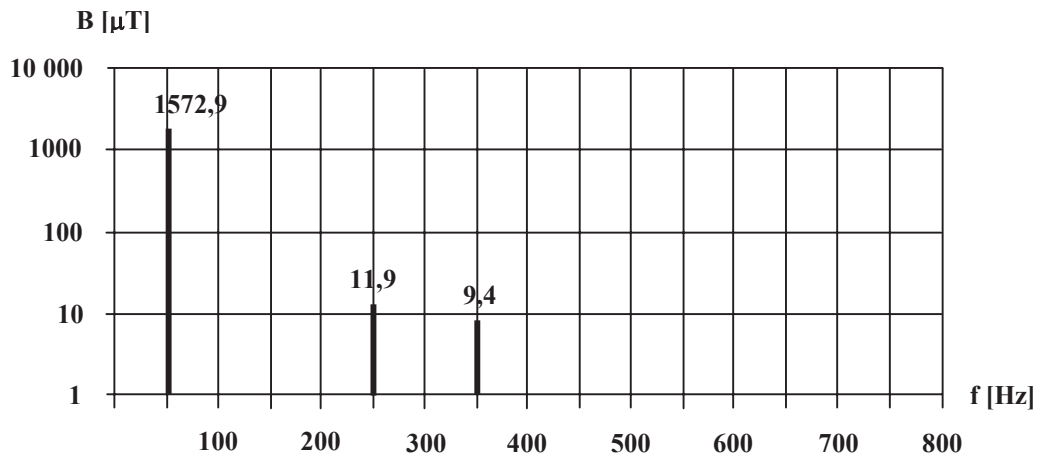
Rys. 2. Charakterystyki widmowe natężenia E pola elektrycznego w zakresie częstotliwości ELF w stacji radiolokacyjnej „Justyna”



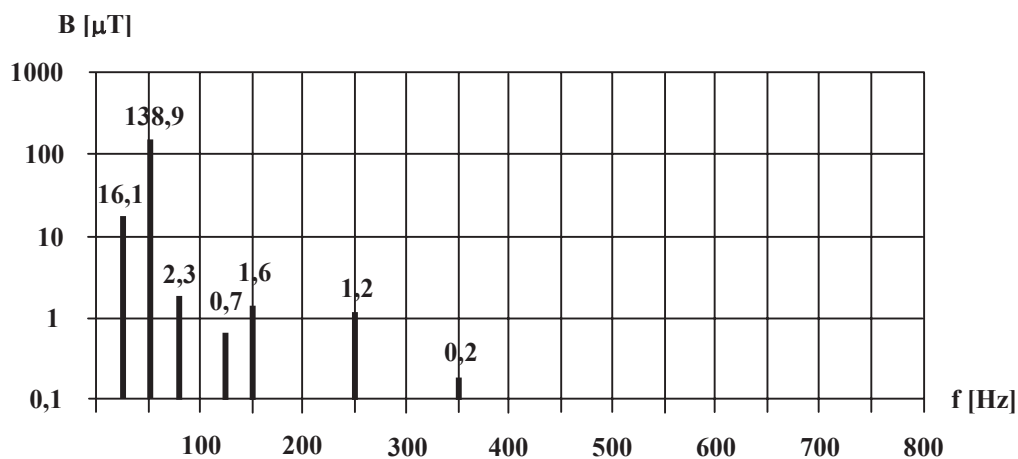
Rys. 3. Charakterystyki widmowe natężenia E pola elektrycznego w zakresie częstotliwości VLF w stacji radiolokacyjnej „Bożena”



Rys. 4. Charakterystyki widmowe indukcji B pola magnetycznego w zakresie częstotliwości ELF w stacji radiolokacyjnej „Bożena”



Rys. 5. Charakterystyki widmowe indukcji B pola magnetycznego w zakresie częstotliwości ELF w stacji radiolokacyjnej „Justyna”, w pobliżu wyłączonych silników napędów



Rys. 6. Charakterystyki widmowe indukcji B pola magnetycznego w zakresie częstotliwości ELF w stacji radiolokacyjnej „Justyna”, w pobliżu pracujących silników napędów

3. WNIOSKI

Jak wykazały przeprowadzone badania, w stacjach radiolokacyjnych środowisko elektromagnetyczne kształtowane jest przez liczne źródła niezamierzonych pól. Należą do nich urządzenia elektryczne oraz elektroniczne, skoncentrowane w stosunkowo małej przestrzeni. Wykonane pomiary pól w zakresach częstotliwości ELF i VLF, w obszarach bliskich przy elementach składowych stacji radiolokacyjnych, wykazują znaczne zróżnicowanie wartości parametrów pól dla różnych urządzeń i różnych typów danego urządzenia.

Łatwo daje się zauważyć, że wartości natężenia E pola elektrycznego oraz indukcji B pola magnetycznego znacznie maleją ze wzrostem odległości od badanych urządzeń. Pomiary charakterystyk widmowych wykazały występowanie zróżnicowanych rozkładów składowych badanych pól w zakresie małych częstotliwości, w zależności od właściwości źródeł ich pochodzenia.

Personel stacji radiolokacyjnej przebywa głównie w obszarach związanych z wykonywanymi czynnościami. Dlatego istotne było określenie środowiska elektromagnetycznego przede wszystkim w tych przestrzeniach. Do takich miejsc należą stanowiska operatorów pracujących przy wskaźnikach radiolokacyjnych.

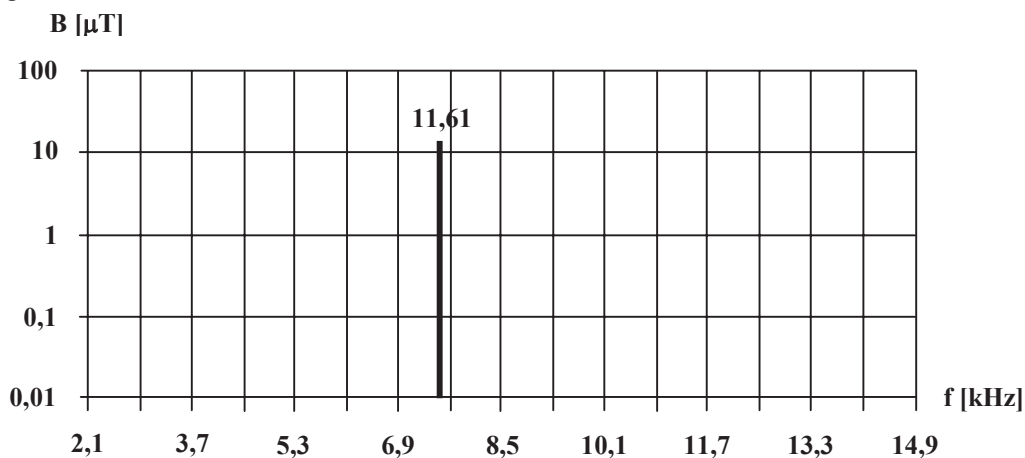
Wskaźniki radiolokacyjne, podobnie jak monitory komputerowe, są zaliczane do urządzeń nazywanych *monitorami ekranowymi*. W klasycznej postaci są to urządzenia zbudowane w oparciu o *lampy elektronopromieniowe* (kineskopy). Pracy tego rodzaju urządzeń towarzyszy niezamierzone promieniowanie elektromagnetyczne z bardzo szerokiego zakresu częstotliwości, łącznie z promieniowaniem jonizującym. Dzięki dużemu postępowi technologicznemu zminimalizowane zostało

oddziaływanie promieniowania jonizującego, towarzyszącego pracy kineskopów.

Natomiast dość dużym problemem pozostaje nadal niezamierzone promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu małych częstotliwości, którego oddziaływanie na organizmy żywe nie zostało dokładnie zbadane i jest przyczyną zaniepokojenia.

Porównując otrzymane przy wskaźnikach radiolokacyjnych wyniki pomiarów pól, w zakresie częstotliwości ELF oraz VLF, z wcześniej uzyskanymi wynikami przy monitorach komputerowych, można stwierdzić występowanie dużego podobieństwa w rozkładach natężeń pól elektrycznych i magnetycznych przy obu zbadanych urządzeniach [5][11]. W wyniku przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że w zbadanych obszarach przy wskaźnikach radiolokacyjnych mogą występować pola elektryczne i magnetyczne wpływające niekorzystnie na ludzi oraz pracę urządzeń elektronicznych, wrażliwych na ich działanie. Przykładowo, z danych literaturowych i badań własnych wynika, że przy zewnętrznym polu magnetycznym o częstotliwości 50 Hz, którego wartość indukcji B jest większa niż $0,5 \mu T$ występują drgania obrazu na ekranie monitora komputerowego. Podobny efekt jest na wskaźnikach radiolokacyjnych. Tego rodzaju drgania nie są widoczne gołym okiem, lecz powodują szybkie męczenie się wzroku. Natomiast zauważalne drgania obrazu powstają przy większych wartościach indukcji [6].

W celu ochrony osób zatrudnionych przy monitorach komputerowych przed szkodliwym oddziaływaniem pól elektromagnetycznych z zakresu małych częstotliwości wprowadzone zostały t. zw. „normy szwedzkie”, określające dopuszczalne wartości parametrów tych pól [7][8].



Rys. 7. Charakterystyka widmowa indukcji B pola magnetycznego w zakresie częstotliwości VLF w stacji radiolokacyjnej „Bożena”

Według przyjętej w 1990 r. normy MPR I, w odległości 50 cm od przodu ekranu, natężenie pola elektrycznego w zakresie ELF nie powinno przekraczać wartości 25 V/m, natomiast w zakresie VLF wartości 2,5 V/m. Indukcja pola magnetycznego nie powinna być większa od 0,25 μT w zakresie ELF oraz 25 nT w zakresie VLF. W normach MPR II oraz TCO 92 wprowadzono zaostrożenie polegające na spełnieniu stawianych wymagań już w odległości 30 cm od ekranu. Następnie w normach TCO 95 i TCO 99 dodatkowo wprowadzono obniżenie wartości dopuszczalnych parametrów: natężenie pola elektrycznego w zakresie ELF nie powinno przekraczać wartości 10 V/m, natomiast w zakresie VLF wartości 1 V/m. Indukcja pola magnetycznego nie powinna być większa od 0,20 μT w zakresie ELF oraz 25 nT w zakresie VLF.

Mimo, że przytoczone „unormowania” nie są obowiązującymi w Polsce, wszystkie dostępne na polskim rynku monitory komputerowe legitymują się oznaczeniami świadczącymi o spełnianiu niniejszych „norm”.

Godne uwagi jest także to, że w ostatnich latach niniejsze normy rozpowszechniają się z rozszerzeniem do innych środowisk, nie tylko do monitorów komputerowych. Również w kraju spotkać się można z zaleceniami dotyczącymi ochrony przed polami elektromagnetycznymi z zakresu małych częstotliwości, przyjmującymi jako korzystne wartości natężenia **E** pola elektrycznego na poziomie do **100 V/m** oraz indukcji **B** nie większej niż **0,5 μT** [6].

Porównując uzyskane wyniki pomiarów pól, przed ekranami wskaźników radiolokacyjnych i wcześniej przebadanych monitorów komputerowych, z wartościami określonymi w przedstawionych wyżej „unormowaniach szwedzkich”, można stwierdzić, że wartości natężenia pola elektrycznego **E** oraz indukcji magnetycznej **B** mieszczą się przeważnie w granicach „normy” MPR I. Parametry te w nielicznych przypadkach odbiegają od „normy” MPR II i TCO, w odległości 30 cm od ekranów.

Warunki pracy przy wskaźnikach radiolokacyjnych różnią się do warunków pracy przy monitorach komputerowych. Wynika to z różnego charakteru występujących pól, uwarunkowanego częściowo odmiennymi zasadami działania obu urządzeń. Przy wskaźnikach radiolokacyjnych przebiegi natężenia pola elektrycznego oraz indukcji magnetycznej z zakresu małych częstotliwości są dodatkowo modulowane z częstotliwością równą częstotliwości obiegu ekranu przez ruchomą podstawę czasu. Dzięki temu, operator narażony jest na działanie pól z zakresu ELF i VLF, których parametry ulegają bardzo powolnym cyklicznym zmianom, z częstotliwością mniejszą od 1 Hz.

Zróznicowany charakter pól elektrycznych i magnetycznych w zakresie ELF i VLF przed

ekranami monitorów komputerowych i wskaźników radiolokacyjnych może przyczyniać się do różnego oddziaływania tych pól na osoby znajdujące się w ich zasięgu. Ponadto stwierdzono, że w obszarach przebywania operatora przy wskaźnikach radiolokacyjnych (wokół pulpitu sterowniczego, przy fotelu operatora, nad podłogą w miejscu oparcia nóg) mogą występować pola magnetyczne z zakresu ELF o indukcji **B** znacznie przekraczającej wartości podane w przytoczonych „normach”. Pola te pochodzą od urządzeń wchodzących w skład samych wskaźników radiolokacyjnych oraz innych, znajdujących się w ich pobliżu. Dokonując pomiarów pól wytwarzanych przez inne elementy wyposażenia stacji stwierdzono występowanie pól magnetycznych o znacznych wartościach indukcji. Przykładowo, w pobliżu grzejnika elektrycznego zainstalowanego w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca wypoczynku operatorów wartość **B** była rzędu kilkunastu μT . W ten sposób mogą być oni narażeni na działanie silniejszego pola magnetycznego w czasie wypoczynku niż podczas pracy przy wskaźnikach.

Przeprowadzone badania pól elektrycznych i magnetycznych w zakresie częstotliwości ELF i VLF oraz pomiary ich charakterystyk widmowych, także w przestrzeniach poza obszarami długotrwałego przebywania personelu, pozwoliły na określenie środowiska elektromagnetycznego w pozostałych częściach stacji radiolokacyjnej.

Ogólnie można zauważyć, że występujące w pobliżu urządzeń wchodzących w skład stacji radiolokacyjnych pola o dużych wartościach indukcji **B**, w tym poszczególne składowe ich charakterystyk widmowych, nie powinny stanowić bezpośredniego zagrożenia dla personelu ponieważ występują w obszarach oddalonych od miejsca jego długotrwałego przebywania.

Stopień zagrożeń związanych z występowaniem pól elektromagnetycznych w miejscu pracy określa się poprzez porównanie wyników pomiarów z wartościami parametrów pól podawanymi jako dopuszczalne w odpowiednich unormowaniach. Zgodnie z obowiązującymi zasadami dotyczącymi ochrony przed polami elektromagnetycznymi w miejscu pracy, zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dn.29.11.2002 r. „w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy”, przyjęte zostały m. in. wartości dopuszczalne natężenia pola **E** elektrycznego oraz natężenia **H** (indukcji **B**) pola magnetycznego dla odpowiednich zakresów częstotliwości. Przykładowo, w tym dokumencie określono jako dopuszczalne w środowisku pracy wartości indukcji **B** odpowiednio: 3,33 mT dla pola stałego, 83,3 μT dla częstotliwości 50 Hz oraz 4,2 μT dla zakresu częstotliwości od 1 kHz do 100 kHz [9][10].

Analizując otrzymane wyniki diagnozowania środowiska elektromagnetycznego w stacjach radiolokacyjnych można wnioskować, że w świetle obowiązujących przepisów nie występuje zagrożenie ze strony pól elektromagnetycznych z zakresu małych częstotliwości dla osób zatrudnionych w tych obiektach. Przedstawione w opracowaniu zmierzone wartości parametrów pól są znacznie mniejsze od uznanych za dopuszczalne. Mimo tego, pracę przed monitorami ekranowymi, do których zalicza się wskaźniki radiolokacyjne i monitory komputerowe, zalicza się do szkodliwych [6].

Najbardziej wskazanym sposobem zabezpieczania się przed oddziaływaniem pól elektrycznych i magnetycznych z omawianego zakresu częstotliwości jest przebywanie poza ich zasięgiem. Z opisanych pomiarów i podobnych badań wynika, że w przypadku monitorów komputerowych i wskaźników radiolokacyjnych należałoby pracować w odległości około 50 cm od ekranu tych urządzeń. Nie wskazane jest zbliżanie się na odległości mniejsze lub równe 30 cm. Postęp technologiczny w elektronice umożliwił zastąpienie lamp elektronopromieniowych przez monitory ciekłokrystaliczne. W tego rodzaju urządzeniach wydatnemu obniżeniu uległo niezamierzone promieniowanie elektromagnetyczne, w szerokim zakresie częstotliwości, dzięki wyeliminowaniu źródeł wysokiego napięcia i wysokiej temperatury oraz przez zastosowanie nowych rozwiązań układowych zapewniających powstawanie obrazu na ekranie.

LITERATURA

1. International Standard IEC 50 (161): *International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 161: Electromagnetic Compatibility; First edition* Geneve 1990.
2. Polska Norma Pr. PN-T-01030 *Kompatybilność elektromagnetyczna – Terminologia*.
3. W. Brejwo, Cz. Przybysz: „Wybrane zagadnienia ochrony przed uciążliwościami techniki cywilizacyjnej” Cz. I. „Zagrożenia związane z promieniowaniem niejonizującym” WAT 1995 r.
4. W. Brejwo, M. Chojnacki, E. Zachwieja: „Diagnozowanie pól elektrycznych i magnetycznych z zakresu małych częstotliwości w stacjach radiolokacyjnych” VII Konferencja naukowa nt. „Sterowanie i regulacja w radiolokacji i obiektach latających” - Jelenia Góra 1996 r. Tom 1 str. 185-194.
5. W. Brejwo, M. Chojnacki, E. Zachwieja: „Pola elektryczne i magnetyczne z zakresu małych częstotliwości przy urządzeniach z lampami elektronopromieniowymi” XXVIII Międzynarodowa Konferencja Metrologów MKM'96 - Częstochowa 1996 r. Tom 1. str. 66-71.
6. H. Korniewicz: *Pola elektromagnetyczne urządzeń biurowych*. – Zawodowe i biurowe zagrożenia polami elektromagnetycznymi – Materiał szkoleniowy – 19 lutego 1998, s 36-42.
7. W. Brejwo, J. Paś, Cz. Przybysz: „Charakterystyka norm dotyczących monitorów i zestawów komputerowych” XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowo - Techniczna nt. „Inżynieria środowiska w eksploatacji kompleksów wojskowych” Zakopane 4-6 października 2000 r., s 99-105.
8. K. Gryz, J. Karpowicz: „Źródła pól elektromagnetycznych - monitory ekranowe” CIOP - Bezpieczeństwo Pracy nr 4, 2002 r., s 13-17.
9. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dn.29.11.2002 r. „w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy” Dz. U. Nr 217, poz. 1833.
10. J. Karpowicz, K. Gryz: „Kontrola i kształtowanie warunków pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym” CIOP - Bezpieczeństwo Pracy nr 10, 2002 r., s 7-13.
11. W. Brejwo, J. Paś: *Badanie promieniowania elektromagnetycznego wytwarzanego przez zestaw komputerowy* XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowo - Techniczna nt. „Inżynieria środowiska w eksploatacji kompleksów wojskowych” Zakopane 4-6 października 2000 r., s 306-315.



Dr inż. **Wojciech BREJWO**

jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Systemów Elektronicznych na Wydziale Elektroniki WAT. Zainteresowania naukowe koncentruje na pomiarach i oddziaływaniu promieniowania elektromagnetycznego na środowisko oraz w obszarze technologii elektronicznej. Do ważniejszych zagadnień, którymi się zajmuje należy diagnostyka pól elektromagnetycznych w wojskowym, cywilnym oraz ogólnodostępnym środowisku.



Mgr inż. **Jacek PAŚ** jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Instytutu Systemów Elektronicznych na Wydziale Elektroniki WAT. Prowadzi zajęcia z przedmiotów „Układy analogowe” oraz „Podstawy eksploatacji”.

Głównym obszarem jego zainteresowania jest kompatybilność elektromagnetyczna z zakresu małych częstotliwości oraz eksploatacja systemów bezpieczeństwa.