



ALEKSANDER MARSZAŁEK 

Laboratorium elektroniki – pole elektromagnetyczne emitowane przez oscylloskopy

Electronics Laboratory – Electromagnetic Field Emitted by Oscilloscopes

ORCID: 0000-0001-8953-5332, doktor habilitowany, profesor UR, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Mechatroniki i Automatyki; Centrum Innowacji i Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej, Polska

Streszczenie

W artykule ukazano aktualność i uzasadniono potrzebę badań pola elektromagnetycznego emitowanego przez elektroniczne przyrządy laboratoryjne. Teoretyczne rozważania na temat istoty pola elektromagnetycznego uzupełniono badaniami pola elektromagnetycznego w otoczeniu trzech oscylloskopów. Przeprowadzone badania wykazały, że przyrządy laboratoryjne emitują fale elektromagnetyczne w znacznym zakresie częstotliwości od 50 Hz do 200 kHz. Natężenie pola elektromagnetycznego w otoczeniu badanych urządzeń mieści się w granicach normy, a jego maksymalna wartość wynosi 5088,6 V/m (składowa elektryczna) oraz 1759 nT (składowa magnetyczna).

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, laboratorium elektroniki, oscylloskop, dydaktyka elektroniki

Abstract

In the article the need for research the electromagnetic field emitted by electronic laboratory instruments is shown and justified. Theoretical considerations about the essence of the electromagnetic field were surrounded by three oscilloscopes. The tests have shown that laboratory instruments emit electromagnetic waves over a large frequency range from 50 Hz to 200 kHz. The intensity of the electromagnetic field around the tested devices is within the normal range, and its maximum value 5088 V/m (electric component) and 1759 nT (magnetic component).

Keywords: electromagnetic field, electronics laboratory, oscilloscope, electronic education

Wstęp

Powszechność wytwarzania, przetwarzania i przesyłania energii elektrycznej związana jest ze znacznym zwiększeniem natężenia pola elektromagnetycznego, które w warunkach naturalnych wynosi około 100 V/m dla składowej elektrycz-

nej oraz około 30 A/m dla składowej magnetycznej (por. Kalisz, 1999a; Strojny, 2003, s. 47). Zwielenokrotnienie pola elektromagnetycznego w stosunku do pola naturalnego może wpłynąć negatywnie nie tylko na zdrowie człowieka i organizmów żywych, ale również na pracę innych urządzeń.

Przesłanki teoretyczne badań

Liczne badania świadczą o zwiększeniu ryzyka zachorowania na choroby nowotworowe, nerwice wegetatywne nawet przy nieznacznie podwyższonym natężeniu pola elektromagnetycznego (por. Sedlak, 1980; Kalisz, 1999b; Inglot-Siemaszkowski, 1999; Rawa, 2001; *Extremely...*, 2007; Marszałek, 2013). W związku z tym przebywanie człowieka w podwyższonym polu elektromagnetycznym regulują odpowiednie normy i przepisy prawne. Przykładowo rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne określa m.in. wymagania dotyczące: rozpoznawania obiektów technicznych emitujących pole elektromagnetyczne mające wpływ na bezpieczeństwo i higienę pracy oraz limity bezpośredniego oddziaływania PEM na człowieka.

Pole elektromagnetyczne emitowane przez jedne urządzenia może zakłócić lub uniemożliwić pracę innych urządzeń. Od 1 maja 2004 r. na rynku mogą się znajdować tylko wyroby spełniające wymagania kompatybilności elektromagnetycznej (Rozporządzenie, 2004). Szacuje się, że 10% ceny wszystkich elementów współczesnego urządzenia stanowią koszty związane z koniecznością zastosowania komponentów potrzebnych do zapewnienia jego poprawnej pracy z punktu widzenia kompatybilności elektromagnetycznej (Bogucki, Chudziński, Połujan, 2007).

W licznej literaturze przedmiotu wiele miejsca poświęca się badaniu urządzeń emitujących promieniowanie elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości, które wywołuje efekty cieplne. Mniej miejsca natomiast poświęca się urządzeniom elektrycznym, elektronicznym emitującym promieniowanie z zakresu niskiej i średniej częstotliwości. Takie urządzenia w dużym nasyceniu oraz zaawansowaniu wiekowym znajdują się w laboratoriach badawczych, centrach serwisowych czy laboratoriach, pracowniach szkolnych.

Badanie pola elektromagnetycznego

Wymienione przesłanki wyłoniły potrzebę podjęcia badań pola elektromagnetycznego w otoczeniu oscyloskopów – przyrządów laboratoryjnych bardzo często używanych w pracowni elektronicznej. W toku realizacji badań oczekiwano odpowiedzi na dwa pytania: Jakie jest natężenie promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez oscyloskopy? Czy pole elektromagnetyczne emitowane przez oscyloskopy jest zgodne z normami bezpieczeństwa? Do badań

wybraliśmy trzy powszechnie występujące oscyloskopy: dwa oscyloskopy analogowe (Protek 3502C oraz Instek GOS-620FG) i jeden cyfrowy (Rigol DS1052E).

Przebieg badań

Badanie pola elektromagnetycznego przeprowadzono w maju 2019 r. w pracowni Innowacyjnych Konstrukcji Elektronicznych w Centrum Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej Uniwersytetu Rzeszowskiego. Pomiary zostały wykonane miernikiem pola elektromagnetycznego EMS-100 Maschek, który charakteryzuje się następującymi parametrami technicznymi: zakres częstotliwości mierzonych od 5 Hz do 400 kHz; zakres pomiaru natężenia pola elektrycznego od 0,1 V/m do 100 kV/m; zakres pomiaru natężenia pola magnetycznego od 1 nT do 20 mT; dokładność pomiaru $\pm 5\%$; zgodność z normami BHP oraz ochrony środowiska; odporność na pole pozapasmowe.

Zbadane urządzenia laboratoryjne posiadają następujące parametry. Oscyloskopy analogowe są oscyloskopami dwukanałowymi o paśmie częstotliwości 20 MHz, czułości od 5 mV/dz. do 20 V/dz., impedancji wejściowej 1 M Ω i 25 pF. Oscyloskop cyfrowy charakteryzują następujące parametry: dwa kanały, pasmo częstotliwości 50 MHz, max. szybkość próbkowania 1GSa/s, czułość od 2 mV/dz. do 10 V/dz., impedancja 1 M Ω i 18 pF.

Badania przeprowadzono zgodnie z obowiązującą procedurą pomiarową opisaną w materiałach (Mazurek, 2012; Więckowski, 1997) w pracowni elektronicznej w znacznej odległości od źródeł promieniowania. Promieniowanie tła było na poziomie $B = 11$ nT i $E = 73$ V/m. Pomiar emisyjności sprowadził się do określenia natężenia pola elektromagnetycznego na kierunku maksymalnego promieniowania. Badany obiekt umieszczono na wysokości 1 m nad podłożem na izolowanej podstawie obrotowej. Wyszukanie kierunku maksymalnego promieniowania odbywało się przez obrót badanego obiektu w lewo, w płaszczyźnie poziomej od 0° do 360° co 30° oraz zmianę położenia czujnika miernika w płaszczyźnie pionowej. Pomiary wykonano dla trzech wysokości: poziom zerowy – równy podstawie urządzenia, poziom pierwszy – $1/2$ wysokości urządzenia, poziom drugi równy wysokości urządzenia.

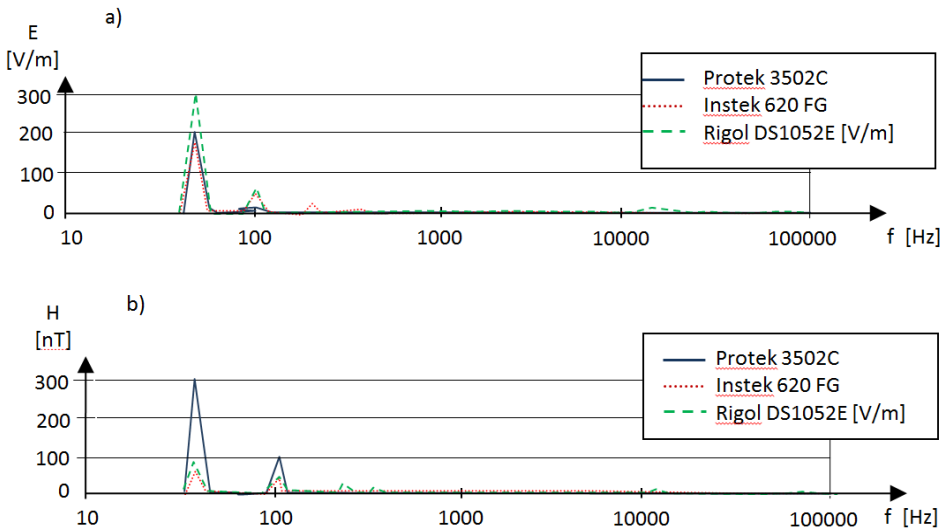
Wyniki badań

Badane oscyloskopy ustawiono na odczyt sygnału sinusoidalnego na dwóch kanałach oraz na średnią wartość intensywności świecenia ekranu.

Przy tych nastawach oscyloskopy emitują pole elektromagnetyczne o amplitudzie zależnej od częstotliwości, przy czym największa wartość składowej magnetycznej i elektrycznej występuje dla częstotliwości sieciowej (50 Hz). Oscyloskop Rigol emituje promieniowanie o wartości $E = 300$ V/m, oscyloskop Protek – $E = 200$ V/m, a oscyloskop Instek – $E = 180$ V/m (rys. 1). Kolejne

harmoniczne częstotliwości sieciowej mają znacznie mniejszą amplitudę, np. dla częstotliwości 100 Hz 50 V/m oscyloskopy Instek i Rigol. Oscyloskop Rigol emituje dodatkowo fale elektromagnetyczne o częstotliwości około 30 kHz i amplitudzie 4 V/m.

Składowa magnetyczna pola EM zmienia się analogicznie do składowej elektrycznej. Największa jej wartość przypada dla częstotliwości 50 Hz, wynosząc dla oscyloskopu Protek 300 nT, Rigol – 80 nT i Instek – 50 nT. W krotnościach częstotliwości sieciowej amplitudy składowej magnetycznej PEM zdecydowanie się zmniejszają i dla 100 Hz wartość składowej magnetycznej dla oscyloskopu Protek wynosi 100 nT, dla oscyloskopu Rigol – 50 nT, a dla oscyloskopu Instek 20 nT.

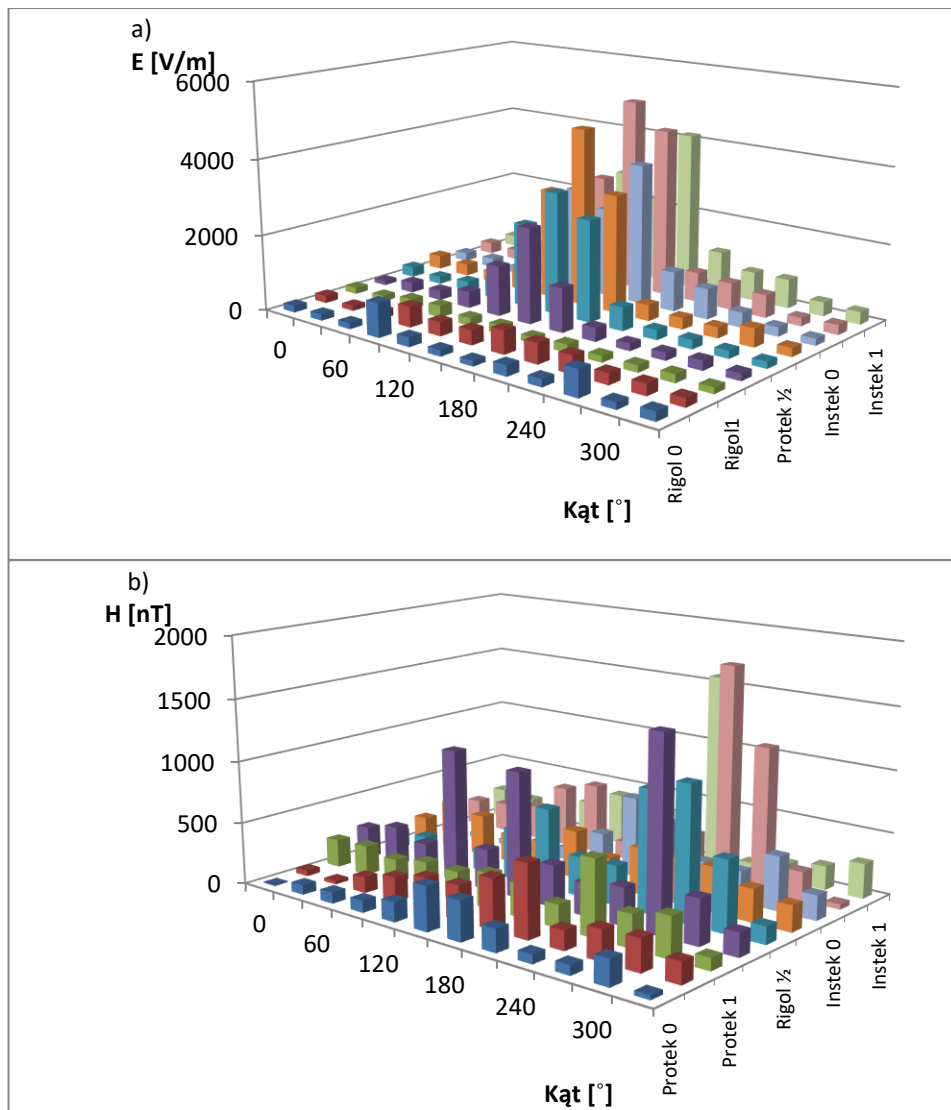


**Rysunek 1. Widmo promieniowania elektromagnetycznego oscyloskopów:
a) składowa elektryczna – E, b) składowa magnetyczna – H**

Źródło: badania własne.

Oscyloskopy emitują pole elektromagnetyczne o różnej wartości w zależności od położenia przetwornika pomiarowego. Na rysunku 2 przedstawiono wartość składowej magnetycznej i elektrycznej PEM wokół urządzeń na trzech przyjętych wysokościach. Natężenie pola elektrycznego wokół badanych oscyloskopów zmienia się w zakresie od 115 do 5088 V/m. Najmniejsze wartości PE występują wokół oscyloskopu Rigol od 132 (kąt 30° , wysokość 1/2) do 896 V/m (kąt 90° , wysokość 0), następnie dla oscyloskopu Protek od 115 (kąt 0° , wysokość 0) do 3205 V/m (kąt 150° , wysokość 1/2) i oscyloskopu Instek 182 (kąt 60° , wysokość 0) do 5088 V/m (kąt 150° , wysokość 1/2).

Pole magnetyczne wokół oscyloskopów wynosi od 9 do 1759 nT. Najmniejsze wartości PE występują wokół oscyloskopu Protek od 9 (kąt 0°, wysokość 0) do 605 nT (kąt 240°, wysokość 1), następnie dla oscyloskopu Rigol od 141 (kąt 330°, wysokość 1/2) do 1520 nT (kąt 270°, wysokość 0) i oscyloskopu Instek od 15 (kąt 90°, wysokość 0) do 1759 nT (kąt 240°, wysokość 1/2).



Rysunek 2. Wartość pola elektromagnetycznego wokół badanych oscyloskopów na trzech wysokościach: a) składowa elektryczna – E, b) składowa magnetyczna – H

Źródło: badania własne.

Dyskusja i podsumowanie

Badane przyrządy laboratoryjne emitują promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości głównej 50 Hz, o różnym natężeniu w zależności od kierunku i wysokości pomiaru. Największe wartości natężenia pola elektromagnetycznego występują w miejscach, które znajdują się w najbliższej odległości układów zasilających (transformatory m. cz. i w. cz.) oraz w oscyloskopach analogowych przy cewkach odchylenia poziomego i pionowego. Wówczas maksymalne wartości PEM osiągają: 896 V/m oraz 1520 nT (1,21 A/m) dla oscyloskopu Rigol, 3205 V/m oraz 605 nT (0,48 A/m) dla oscyloskopu Protek i 3205 V/m i 5088 V/m oraz 1759 nT (1,40 A/m) dla oscyloskopu Instek. Wartości te są niższe od dopuszczalnych dla strefy bezpiecznej, które wynoszą $5 \cdot 10^4/f$ V/m oraz $3 \cdot 10^3/f$ A/m (Rozporządzenie, 2016).

W laboratorium elektronicznym oprócz oscyloskopów znajduje zastosowanie wiele innych przyrządów, które emitują promieniowanie elektromagnetyczne, jak zasilacze laboratoryjne, generatory funkcyjne, zestawy badawcze i przyrządy specjalistyczne (Marszałek, 2018). Przy ocenie bezpieczeństwa elektromagnetycznego należy uwzględnić wypadkową natężeń pól pochodzących od wszystkich źródeł znajdujących się na danym stanowisku.

Literatura

- Bogucki, J., Chudziński, A., Połujan, J. (2007). Emisja elektromagnetyczna urządzeń w praktyce. *Telekomunikacja i Techniki Informacyjne*, 1–2, 85–95.
- Extremely Low Frequency Fields* (2007). Geneva: WHO Press.
- Inlot-Siemaszko, M. (1999). *Człowiek w otoczeniu elektromagnetycznym*. Rzeszów: Wyd. PR.
- Kalisz, J. (1999a). Pomiary pól elektromagnetycznych. *Radioelektronik. Audio – HiFi – Video*, 7, 7–9.
- Kalisz, J. (1999b). Pola elektromagnetyczne a zdrowie człowieka. *Radioelektronik. Audio – HiFi – Video*, 10, 12–13.
- Marszałek, A. (2013). *Elektronika*. Rzeszów: Wyd. UR.
- Marszałek, A. (2018). Pole elektromagnetyczne emitowane przez elektroniczne przyrządy laboratoryjne. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 4(26), 252–260.
- Mazurek, P.A. (2012). *Laboratorium podstaw kompatybilności elektromagnetycznej*. Lublin: Wyd. PL.
- Rawa, H. (2001). *Elektryczność i magnetyzm w technice*. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 15.04.2004 w sprawie dokonywania oceny zgodności telekomunikacyjnych urządzeń końcowych przeznaczonych do dołączania do zakończeń sieci publicznej i urządzeń radiowych z zasadniczymi wymaganiami oraz ich oznakowania. Dz.U. 2004, nr 73, poz. 659.
- Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 29.06.2016 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne. Dz.U. poz. 950.
- Sedlak, W. (1980). *Homo electronics*. Warszawa: PIW.
- Strojny, J. (2003). *Bezpieczeństwo użytkowania urządzeń elektrycznych*. Kraków: Wyd. AGH.
- Więckowski, T.W. (1997). *Pomiar emisyjności urządzeń elektrycznych i elektronicznych*. Wrocław: Wyd. PW.