

## Zastosowanie anten drukowanych w miniaturowych urządzeniach radiokomunikacyjnych

**Streszczenie.** Artykuł dotyczy przedstawienia zastosowania wybranych typów anten drukowanych (anten PCB) w urządzeniach radiokomunikacyjnych. Anteny te charakteryzują się niewielkimi rozmiarami fizycznymi oraz niskimi kosztami ich wytworzenia zważywszy na to iż anteny są przygotowywane już na etapie produkcji PCB. Artykuł ma charakter przeglądowy tzn. zawiera krótki opis wybranych typów anten PCB wraz z ich zastosowaniem. Uzupełnieniem przedstawionych przykładów są autorskie wyniki badań nad tymi antenami.

**Abstract.** This report presents the application of selected types of printed circuit antennas (PCB antennas) in radio communication devices with reduced sizes. These antennas have a small physical size and low cost of manufacture, considering that the antenna is prepared at the stage of PCB production. Article is a review i.e. a brief description of selected types of PCB antennas along with their application is presented. Moreover, this article takes into account the results of author's research on the PCB antennas. (On the using PCB antennas in wireless communication devices with reduced sizes).

**Słowa kluczowe:** antena drukowana, anteny IFA, MIFA, anteny mikropaskowe.

**Keywords:** PCB antennas, IFA, MIFA, microstrip antennas.

### Wprowadzenie

Obecne systemy telekomunikacyjne, a w szczególności systemy radiokomunikacyjne muszą posiadać jak najmniejsze rozmiary fizyczne i jednocześnie charakteryzować się wysoką sprawnością. Aby spełnić te wymagania projektant systemu staje więc często przed wyzwaniem jakim jest odpowiedni dobór elementów składowych urządzeń nadawczo-odbiorczych. O ile miniaturyzacja większości elementów urządzenia radiokomunikacyjnego nie sprawia wielu trudności o tyle miniaturyzacja anteny nie jest już łatwą sprawą, ze względu na fakt iż mniejsze wymiary anteny oznaczają pogorszenie się jej parametrów użytkowych takich jak pasmo przenoszenia czy zysk energetyczny. Zatem prawidłowy dobór anteny stanowi kluczową kwestię przy projektowaniu systemów radiowych.

Jednym ze sposobów pozwalającym na uczynienie anten kompaktowymi elementami urządzenia komunikacyjnego jest stosowanie drukowanych anten mikropaskowych tzw. anten PCB, które są wykonane w postaci ścieżek na laminacie. Anteny te charakteryzują się przede wszystkim: niewielkim rozmiarem fizycznym w porównaniu do długości fali roboczej, prostotą ich wykonania oraz niskimi kosztami ich wytworzenia zważywszy na to, że ścieżki anteny są przygotowywane już na etapie produkcji PCB. Poza tym, stosując anteny drukowane można skuteczniej kompensować takie efekty, jak niedopasowanie, straty oraz sprzężenia między anteną i obwodem drukowanym już na etapie projektowania urządzenia.

Oprócz wyżej wymienionych zalet anteny drukowane posiadają również pewne ograniczenia. Do takich ograniczeń zalicza się wrażliwość parametrów użytkowych anten PCB na otoczenie, w którym te anteny pracują (obudowa urządzenia). Ponieważ obecnie obudowy urządzeń są wykonane z plastiku, który w porównaniu z powietrzem ma większą stałą dielektryczną, i gdy antena zostanie umiejscowiona w zbyt małej obudowie lub gdy antena znajduje się zbyt blisko obudowy zwiększa się jej długość elektryczna i tym samym obniża się częstotliwość rezonansowa. Konsekwencją tego jest konieczność stosowania układów dopasowania impedancyjnego by dostroić antenę do pożądanej częstotliwości roboczej. Poza tym parametrem krytycznym jest masa anteny, której rozmiar wpływa na wielkość współczynnika odbicia tj. parametru  $S_{11}$ . Kolejnym parametrem krytycznym jest

dokładność wykonania fizycznego anteny tzn. dokładność zachowania jej poszczególnych wymiarów ścieżek, ponieważ każde odstępstwo od zaprojektowanych rozmiarów będzie miało negatywny wpływ chociażby na współczynnik odbicia ( $S_{11}$ ).

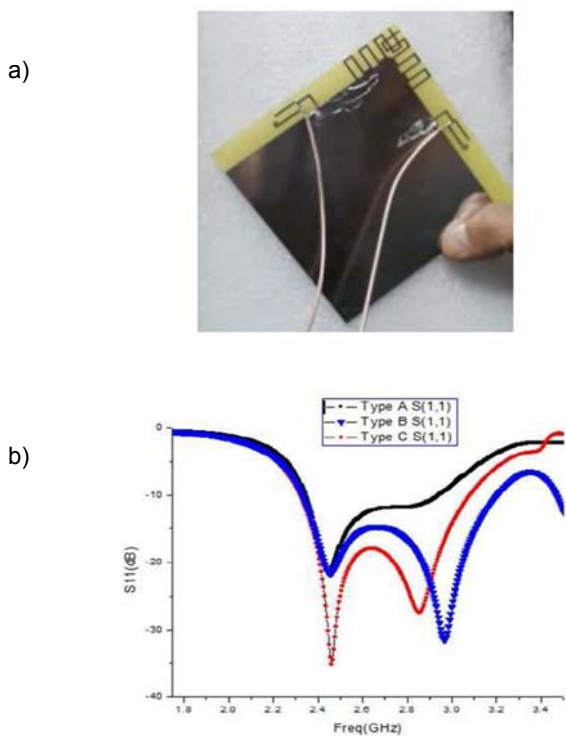
Reasumując, pomimo szeregu ograniczeń, jakimi charakteryzują się anteny drukowane ich zalety sprawiają, iż znajdują one szerokie zastosowanie w urządzeniach pracujących w pasmie ISM, czyli np. w systemach telefonii komórkowej (np. GSM), ZigBee, Bluetooth czy RFID. Celem zaś niniejszego artykułu jest zapoznanie czytelnika z praktycznymi przykładami zastosowania anten drukowanych w urządzeniach o niewielkich rozmiarach oraz wynikami autorskich badań dotyczących tychże anten.

### Zastosowanie anten drukowanych

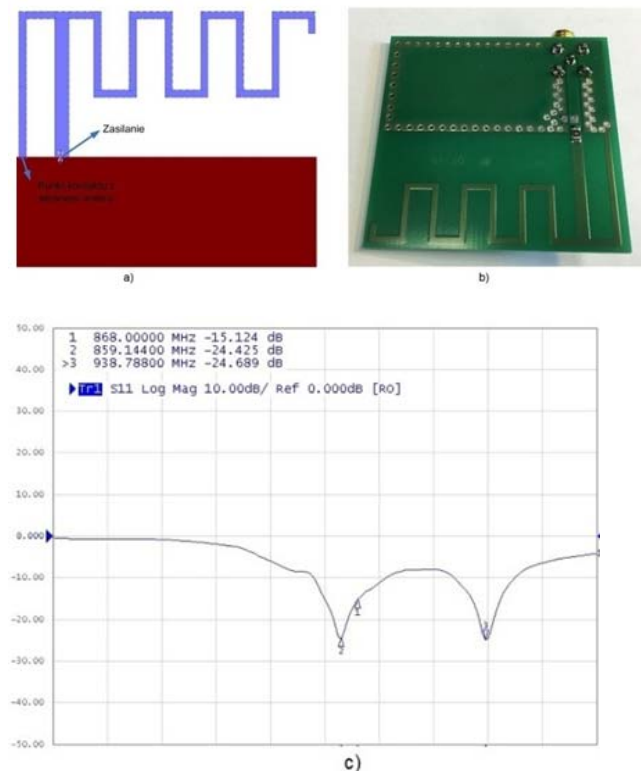
Treścią niniejszego paragrafu będzie przedstawienie wybranych zastosowań anten PCB w urządzeniach radiokomunikacyjnych. Pokazane zostaną zastosowania trzech podstawowych typów anten drukowanych tj. anten typu: IFA (Inverted F-antenna) oraz MIFA (Meandered Inverted F-antenna).

Pierwszą z wymienionych powyżej anten jest antena typu odwrócone F zwana IFA. Antena ta swoim kształtem przypomina monopol, którego ramię zostało zagięte z jednej strony i przyłączone do powierzchni masy (rys. 1). W ten sposób ogranicza się wysokość anteny przy jednoczesnym zachowaniu jej odpowiedniej długości zapewniającej rezonans. Zagięte ramię monopolu wprowadza tym samym pojemność do impedancji wejściowej anteny, która jest kompensowana poprzez dodanie do anteny drugiego ramienia zawierającego źródło zasilania. Ponadto, antena ta posiada dookólną charakterystykę promieniowania, co predysponuje ją do zastosowań w urządzeniach radiowych krótkiego zasięgu np. w monitorze akcji serca [1]. Taka antena prezentowana jest na rysunku 1a, a całkowity jej wymiar to 4 mm x 20,5 mm. Antena ta została wykonana na laminacie FR4 o grubości 1,6 mm, a częstotliwość roboczą ustalono na 2,4 GHz. Antena umieszczona jest po dwóch stronach laminatu, przy czym promiennik umieszczony jest na górnej powierzchni (oznaczony kolorem pomarańczowym) zaś przeciwciwaga elektryczna zajmuje warstwę dolną laminatu. Antena ta zasilana jest poprzez koplarną linię paskową o szerokości 1,6 mm. Pasma pracy tej anteny wynosi ok. 220 MHz przy 2,4 GHz częstotliwości roboczej, co przedstawia





Rys. 3. Układ antenowy IFA: a) prototyp, b) wykres  $S_{11}$



Rys. 4. Antena MIFA przyjęta do badań: a) schemat, b) prototyp, c) wykres  $S_{11}$

Ponadto antena ta miała charakteryzować się wymiarami nieprzekraczającymi ćwierć długości fali roboczej tj. 85 mm oraz współczynnikiem odbicia na poziomie co najmniej -10dB. Ostatnim założeniem było to, iż antena musi zmieścić się na powierzchni urządzenia radiokomunikacyjnego, którego wymiary to ok. 40 mm x 40 mm.

Antena przyjęta do badań przedstawiona jest na rysunku 4a. Zajmuje ona powierzchnię laminatu o wymiarach 35 mm x 42 mm, przy czym wysokość samej anteny to 20 mm a szerokość to 41 mm. Z kolei wymiar płaszczyzny uziemienia to 15 mm x 42 mm. Górną warstwę laminatu zajmuje promiennik, zaś dolną przeciwwaga elektryczna.

Prototyp anteny został wykonany na laminacie FR4 o grubości 1,5 mm (rys. 4b) a następnie poddany pomiarom. Parametrami mierzonymi był współczynnik odbicia, a na jego podstawie określono pasmo pracy anteny. Pomiar wykonano z wykorzystaniem analizatora E5071C firmy Agilent. Z uzyskanego przebiegu współczynnika odbicia (rys. 4c) wynika iż badana antena osiąga rezonans dla zadanej częstotliwości roboczej tj. 868 MHz oraz przy częstotliwościach 859 MHz i 939 MHz. Ponadto, w punktach rezonansu współczynnik odbicia spełnia założone wymagania tj.  $S_{11} \leq -10\text{dB}$ .

Oprócz wyznaczenia wartości parametrów użytkowych anteny przeanalizowano także charakterystykę promieniowania anteny, którą uzyskano na drodze symulacji. Na rysunku 5 przedstawiono wykres zysku energetycznego, kierunkowości oraz natężenia pola elektrycznego dla kąta elewacji  $\theta$  w zakresie od  $-180^\circ$  do  $-180^\circ$ .

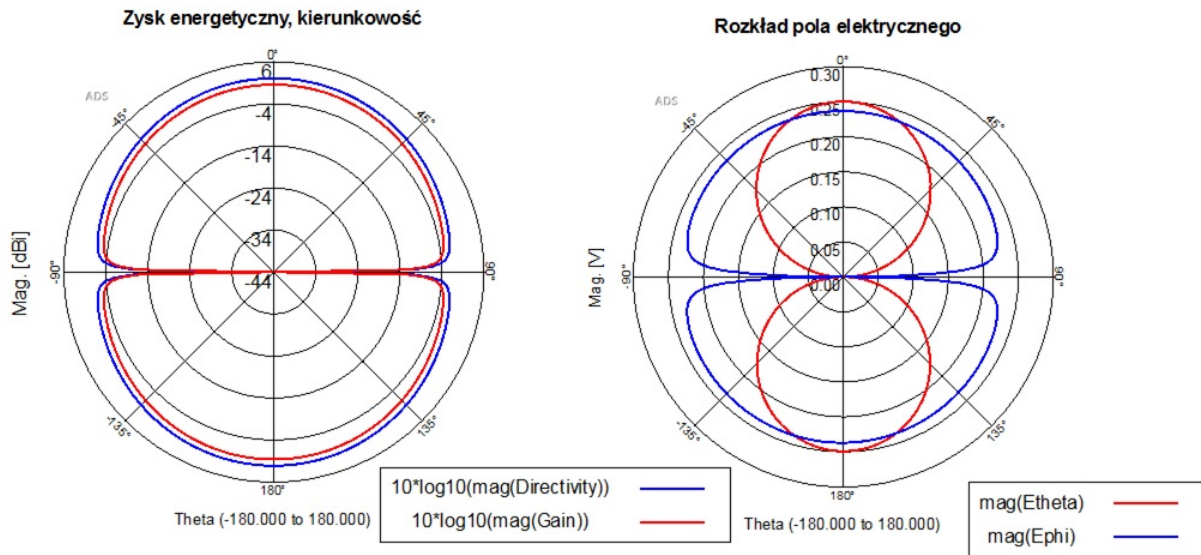
Zysk energetyczny anteny MIFA wyniósł 0,59 dBi, a amplituda pola elektrycznego wyniosła 0,236 V. Poza tym charakterystyka promieniowania jest dookólna choć występują tu dwa wyraźne minima na kącie  $-90^\circ$  i  $90^\circ$ .

Mając na uwadze wrażliwość anten typu MIFA na otoczenie dokonano kilku eksperymentów polegających na tym, iż w trakcie wykonywanych pomiarów zbliżano i odsuwano elementy przewodzące od płaszczyzny masy oraz od przewodu koncentrycznego zasilającego badaną antenę. Jak się okazało, parametry anteny tj. wartości współczynnika odbicia ulegały zmianom, a to oznacza że antena jest wrażliwa na otoczenie. Aby zniwelować wrażliwość należałoby zwiększyć wymiar masy anteny, co pociąga za sobą zmianę wielkości powierzchni zajmowanej przez antenę i zmianę przyjętych założeń dotyczących wymiarów urządzenia. Zatem badana antena pomimo poprawnej pracy nie mogłaby być zastosowana w urządzeniu do monitorowania osób ze względu na planowaną jego wielkość.

### Podsumowanie

Tematyka niniejszego artykułu dotyczyła zastosowania anten drukowanych w urządzeniach radiokomunikacyjnych o niewielkich rozmiarach. Omawianymi antenami były: antena typu odwrócone F(IFA), antena MIFA oraz układ antenowy bazujący na antenie IFA. Omówiono pokrótce cechy charakterystyczne tych anten oraz zaprezentowano kilka praktycznych przykładów ich użycia. Ponadto przedstawiono wyniki autorskich badań dotyczących możliwości zastosowania anteny typu odwrócone F(IFA) w urządzeniu do monitorowania osób.

Biorąc pod uwagę wszystkie przedstawione przykłady stwierdza się, iż anteny drukowane stanowią ciekawą i niezbyt kosztowną alternatywę dla anten np. przestrzennych czy czipowych. Co więcej, anteny PCB sprawdzają się świetnie w systemach radiokomunikacyjnych o niskiej przepływności danych czy małej mocy pracujących w pasmach nielicencjonowanych.



Rys. 5. Charakterystyka promieniowania anteny przyjętej do badań

**Autorka:** dr inż. Katarzyna Jagodzińska, Politechnika Koszalińska, Wydział Elektroniki i Informatyki, ul. J.J. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin, E-mail: [katarzyna.jagodzinska@ie.tu.koszalin.pl](mailto:katarzyna.jagodzinska@ie.tu.koszalin.pl).

#### LITERATURA

- [1] Pattanayak T., Thanikachalam G., AN91445 -Antenna Design and RF Layout Guidelines, 2016
- [2] Peng R., AN48610 - Design and Layout Guidelines for Matching Network and Antenna for WirelessUSB™ LP Family, 2015
- [3] Cheng Liu, Hui Liu et al, A Printed Inverted-F MIMO Antenna for WiFi Applications, *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings*, 1741-1744, Prague 2015
- [4] Kervel F., Design Note DN023.868 MHz, 915 MHz and 955 MHz Inverted F Antenna, Texas Instruments, 2011