



Zestawy bezprzewodowe dają instrumentalistom większą swobodę ruchu na scenie, gdyż nie ciągnie się za nimi żaden kabel.



Miniaturyzacja nadajników body-pack spowodowała, że obecnie są prawie niewidoczne i łatwo mogą być mocowane w dowolnym niemal miejscu.



Mikrofony „krawatore” o charakterystyce dookólnej nie posiadają efektu zbliżeniowego, mogą jednak być kłopotliwe pod względem sprzężeń.

# Systemy bezprzewodowe

## podstawowe parametry i typy produkowanych urządzeń

W niniejszym artykule postaram się rzucić nieco światła na tematykę bezprzewodowej transmisji sygnałów audio. Korzystając z własnych doświadczeń, literatury i pomocy fachowej znajomych specjalistów, postanowiłem napisać ten artykuł z perspektywy przeciętnego użytkownika, jakim w końcu sam jestem, korzystając w swojej pracy z oferty firm, które usadowiły się na tym rynku od lat oraz tych, które starają się zdobyć dla siebie nowe przyczółki. Swoją drogą ciekawe, dlaczego akurat ta działka „opiera się” inwencji naszych utalentowanych konstruktorów....

W części pierwszej omówię podstawowe parametry i typy produkowanych urządzeń, a w drugiej (w kolejnym numerze MIT) postaram się zamieścić trochę przydatnych porad praktycznych.

### Kabel jako punkt odniesienia

Zanim zajmę się aspektami czysto technicznymi, chciałbym zwrócić uwagę na fundamentalną moim zdaniem kwestię. Otóż każda transmisja sygnału audio dokonywana nie za pomocą kabla, tylko drogą radiową, zawsze będzie tylko w mniej lub bardziej doskonały sposób przybliżyć nas do przewodowego ideału. Warto, aby zdali sobie z tego sprawę bezkrytyczni zwolennicy transmisji bezprzewodowej, bo zawsze trzeba rozważyć wszystkie za i przeciw. Systemy transmisji radiowej muszą z natury swego działania wykorzystywać skomplikowane technologie, z których wiele służy wyłącznie dodatkowej, choć niezbędnej obróbce sygnału. Mam tu na myśli np. obwody kompresji i eks-

pansji, służące do poprawy dynamiki, zwiększenia odstępstwa użytecznego sygnału od poziomu szumów itp. Jasne jest, że tego typu zabiegi mają zawsze pewien wpływ na jakość przekazu, choć nowoczesne technologie starają się ten wpływ zminimalizować. Z drugiej strony, przeszkody jakie na swojej drodze stawia otoczenie dla fal radiowych, to kolejne wezwanie, któremu muszą sprostać konstruktorzy, a które zupełnie nie ma znaczenia w tradycyjnym sposobie łączenia mikrofonu z wejściem miksera. Tak więc dobry system bezprzewodowy zawsze będzie (i często jest) porównywany z analogicznym mikrofonem w wykonaniu „klasycznym”. Takie porównania mają szczególnie rację bytu wtedy, gdy producent oferuje np. mikrofon z identyczną wkładką w wersji przewodowej i bezprzewodowej. Kusząca perspektywa uwolnienia się od kabla mikrofonowego, od wielu dziesięcioleci spędzała sen z powiek tak użytkownikom, jak i konstruktorom. Kiedy technologia ta dopiero raczkowała, dylemat w zasadzie nie istniał, gdyż systemy były jeszcze

bardzo niedoskonałe i kabel wygrywał w przedbiegach. Ale nie będziemy się tutaj zajmować historią, tylko idąc z duchem czasu, skupimy się na współczesności. Warto może tylko dla porządku wspomnieć, że pierwsza, komercyjna transmisja tego typu miała miejsce w telewizji niemieckiej w 1958r i wykorzystano wtedy lampowe urządzenia firmy Sennheiser.

### Pasma częstotliwości wykorzystywane w systemach audio

Na początku należałoby sklasyfikować systemy bezprzewodowe w zależności od zakresu częstotliwości na jakich pracują. Jak wiadomo, jest to tak zwany niższy zakres (VHF – Very High Frequency), oraz zakres wysoki (UHF – Ultra High Freq.). Już pod koniec ubiegłego wieku, systemy UHF coraz powszechniej „atakowały” rynek, choć na początku były zdecydowanie droższe i oferowały je znacznie mniej firm niż obecnie. Teraz systemy niższego zakresu powoli, choć

nieuchronnie odchodzą do lamusa, choć oczywiście nie oznacza to konieczności pozbywania się sprawnego i dobrze spisującego się sprzętu, który jest jeszcze w rękach wielu użytkowników. Podstawową przewagą systemów pracujących w wyższych zakresach jest ich większa odporność na wszelkiego rodzaju zakłócenia zewnętrzne oraz fakt, że oferują znacznie więcej dostępnych pasm transmisyjnych, co pozwala na użycie wielu urządzeń w jednym czasie i miejscu. Poza tym, wszelkie „nowinki” w tej branży dotyczą już wyłącznie urządzeń UHF, technologia VHF nie jest już praktycznie rozwijana. Warto również zauważyć w kontekście nowych rozwiązań technologicznych, że jeśli chodzi o sam proces transmisji wysokiej częstotliwości to w ostatnich latach nie dokonały się już jakieś „rewolucyjne” zmiany, natomiast ciągle doskonalone są metody sterowania. Pojawiają się coraz to nowe funkcje użytkowe, zwiększające komfort pracy, między innymi dzięki coraz szerszemu wprowadzaniu technologii cyfrowej.

## Ramy prawne obowiązujące na terenie Polski

W związku z burzliwym rozwojem i coraz większą ekspansją technik bezprzewodowych, niezbędnym okazało się wprowadzenie nowych norm prawnych w tym zakresie. Interesujące nas kwestie normuje Dziennik

**Tabela 1. Zakresy częstotliwości i parametry urządzeń stosowanych jako mikrofony bezprzewodowe.**

### 1. OGÓLNEGO STOSOWANIA

Lp.	Zakres częstotliwości	Moc promieniowania lub natężenie pola elektromagnetycznego w odległości 10 m	Rodzaj anteny	Szerokość kanału radiowego	Aktywność nadajnika
1	29,7 – 47 MHz	≤ 10 mW (e.r.p.)	I, D	12,5; 20; 25 lub 50 kHz	bardzo duża
2	863 – 865 MHz	≤ 10 mW (e.r.p.)	I, D	do max. 200 kHz	bardzo duża

### 2. URZĄDZENIA PROFESJONALNE

Lp.	Zakres częstotliwości	Moc promieniowania lub natężenie pola elektromagnetycznego w odległości 10 m	Rodzaj anteny	Szerokość kanału radiowego	Aktywność nadajnika
1	174 - 216 MHz	≤ 2 mW (e.r.p.)	I, D	do max. 200 kHz	bardzo duża
2	470 - 862 MHz	≤ 10 mW lub 50 mW <sup>1</sup> (e.r.p.)	I, D	do max. 200 kHz	bardzo duża
3	1785 - 1800 MHz	≤ 10 mW lub 50 mW <sup>1</sup> (e.r.p.)	I, D	do max. 200 kHz	bardzo duża

<sup>1</sup>50 mW w przypadku mikrofonów przypinanych

— R E K L A M A —



**POL - AUDIO**  
LESZEK POLANOWSKI  
UL. M.C. SKŁODOWSKIEJ 33  
05-420 JÓZEFÓW  
TEL. /0-22/ 789 30 02, /0-22/ 789 64 87  
FAX /0-22/ 789 65 87

**PROFESJONALNE SYSTEMY NAGŁAŚNIAJĄCE**

- kompleksowa obsługa imprez estradowych (dźwięk, światło, dach, scena)
- wykonujemy nagłośnienia stacjonarne dyskotek, domów kultury oraz obiektów sportowych
- posiadamy bogate doświadczenie w opracowaniach nowoczesnych zestawów głośnikowych (CLIOwin 6, SIA SmartLive 5, AMS)

[www.polaudio.pl](http://www.polaudio.pl) ■ [polaudio@polaudio.pl](mailto:polaudio@polaudio.pl)



Ustaw nr 138-2002 (poz. 1162 z dn. 6 sierpnia 2002). Znajdziemy w nim między innymi tabelkę, która obrazuje dopuszczalne parametry tak w odniesieniu do zakresu częstotliwości, jak i np. dopuszczalnej mocy promieniowanej dla różnego typu nadajników.

Sugeruję zwrócić na te unormowania baczną uwagę, ponieważ każdy importer tego typu sprzętu oferujący go na terenie Polski, powinien legitymować się odpowiednim certyfikatem o dopuszczeniu urządzenia do pracy na terenie naszego kraju. Natomiast importer prywatny musi zdawać sobie sprawę z ryzyka na jakie się naraża, używając sprzęt niezgodny z przepisami. Niestety, bardzo często jest tak, że wiele urządzeń produkowanych i sprzedawanych w latach ubiegłych, nie spełnia współcześnie obowiązujących, krajowych norm.



**Prosty zestaw bezprzewodowy z nadajnikiem do ręki, pracujący na jednej częstotliwości, w zakresie UHF. Zestaw taki sprawdza się w większości zastosowań, gdzie nie jest wymagana zbyt wysoka jakość brzmienia. Co ciekawe, kapsuła mikrofonu charakteryzuje się dużą odpornością na sprzężenie, górując pod tym względem nad kilkoma innymi, bardziej renomowanymi wyrobami.**



**Nadajnik typu hand-held należący do flagowej serii 5000 firmy Sennheiser.**



**Obecnie każdy liczący się producent systemów bezprzewodowych posiada w ofercie proste zestawy, mogące pracować na kilku (3-4) kanałach. Przykładami takich systemów są AKG WMS 40 oraz Shure PG4.**

**Tabela 2. Zakresy częstotliwości i parametry techniczne urządzeń przeznaczonych do transmisji radiowej sygnałów akustycznych, w tym w szczególności: słuchawki bezprzewodowe, głośniki bezprzewodowe, bezprzewodowe łącza do transmisji głosu, mikrofony bezprzewodowe włączane przyciskiem.**

Lp.	Zakres częstotliwości	Moc promieniowania lub natężenie pola elektromagnetycznego w odległości 10 m	Rodzaj anteny	Szerokość kanału radiowego	Aktywność nadajnika
1	863 – 865 MHz	≤ 10 mW (e.r.p.)	I	25 kHz <sup>1</sup>	bardzo duża
2	864,8 – 865 MHz	≤ 10 mW (e.r.p.)	I	50 kHz <sup>2</sup>	bardzo duża

Co wynika z zamieszczonej tabelki na pierwszy rzut oka?

Otóż widać wyraźnie, że dla zakresu VHF przewidziano bardzo małe dopuszczalne moce nadajników, a z kolei zakres UHF podzielono na pasmo powszechnego użytku i profesjonalne, choć szczerze mówiąc, nie bardzo wiem, jaka była w tym wypadku intencja twórców tych przepisów. Chyba nie chodziło bowiem o podział na artystów zawodowych i amatorskich.

Warto poświęcić trochę uwagi szerokiemu zakresowi pasma UHF. Choćby z tego powodu, że na niektóre zakresy częstotliwości już pojawiają się zakusy innych niż branża muzyczna potencjalnych użytkowników, jak choćby operatorów sieci komórkowych. Na razie jednak można „poszaleć” gdyż mamy do dyspozycji prawie 400MHz „okienko”, a to przy dzisiejszej technologii oznacza możliwość równoczesnej, niezakłóconej pracy kilkudziesięciu kanałów.

Warto wiedzieć, że w zbliżonym zakresie pracują również nadajniki TV obejmujące pasmo od 470 do 790MHz (kanały 21-60). Dlatego wielu producentów i importerów działających na naszym rynku, preferuje urządzenia pracujące powyżej częstotliwości najwyższego kanału TV, aby zminimalizować możliwość zakłóceń. Wiadomo bowiem, że sygnały nadajników TV mają dużą moc, a w ich pobliżu często występują kłopoty z transmisją bezprzewodową audio.

### Podstawowe parametry systemu bezprzewodowego

Oczywistym jest, że tak szeroki zakres dopuszczonych częstotliwości nie oznacza, że jakiegokolwiek oferowane urządzenie pozwalać będzie na obsługę całości pasma. Najprostsze (i bardzo popularne) systemy, w ogóle nie oferują możliwości wyboru, będąc fabrycznie przystosowane do jednej, określonej częstotliwości. Urządzenia wysokiej klasy, pozwalają obecnie na przestrajanie systemu w zakresie od 24 do 90MHz, co pozwala już w tym najmniejszym przedziale, na efektywną obsługę ok. 20 równocześnie pracujących kanałów. Spotyka się również wyroby z możliwością wyboru kilku, z góry zaprogramowanych przez producenta pasm (przeważnie od 4 do 16). Wariant z jedną określoną częstotliwością jest również często oferowany przez danego producenta w kilku pasmach, tak, aby kupujący mógł sobie zestawić prosty system złożony z kilku (zazwyczaj 3, 4) urządzeń. Właśnie ta opcja najczęściej pojawia się w paśmie określonym w ustawie jako „ogólnego stosowania” (863-865MHz).

Oczywiście takie systemy są stosunkowo proste, a co za tym idzie tanie, więc znajdują wielu nabywców i w zasadzie spełniają swoją rolę bez zastrzeżeń, pod

warunkiem, że pracują w miejscu, w którym na obsługiwaną, konkretnej częstotliwości nie występują w danych warunkach zakłócenia. Jeśli dana częstotliwość jest „zajęta” lub zakłócona, to tego typu urządzenie może stać się praktycznie bezużyteczne, z uwagi na brak możliwości przejścia na inne pasmo.

W urządzeniach wyższej klasy mamy czasem do wyboru 1000 i więcej kanałów, co oczywiście nie oznacza, że aż tyle możemy faktycznie wykorzystać. Pewne zjawiska fizyczne ograniczają w praktyce te możliwości do ok. 70 kanałów pracujących równocześnie, w tych najbardziej zaawansowanych, profesjonalnych systemach.

Istnieją matematyczno-fizyczne reguły, pozwalające na wyliczenie (np. za pomocą specjalnego oprogramowania) optymalnej sekwencji pracujących równocześnie systemów i takie tabele publikuje wielu wiodących producentów. Jednak niniejszy artykuł nie jest z założenia przeznaczony dla użytkowników aż tak wyrafinowanych konfiguracji, więc skupimy się na nieco bardziej „przyziemnych” kwestiach, które z pewnością bardziej interesują przeciętnego użytkownika. Aby pokazać zainteresowanym przykład wyrobu z najwyższej półki, zamieszczamy zdjęcia i zestawów Sennheiser z serii 3000 oraz flagowej - 5000. Warto jednak wiedzieć, że koszt takiego pojedynczego systemu, to ok. 20 krotna wartość przedstawionego wcześniej zestawu klasy popularnej.

### Różne warianty systemów bezprzewodowych

Zestawy bezprzewodowe występują w kilku grupach asortymentowych, z których najpopularniejszą są **mikrofony do ręki (hand-held)**. W tej grupie oferta jest najszersza oraz występuje największe zróżnicowanie, zarówno pod względem jakości jak i cen. Wszyscy wiodący producenci mikrofonów, jak i dziesiątki firm mniej renomowanych, starają się konkurować w tym obszarze rynku, co skutkuje coraz atrakcyjniejszymi cenami i szybkim rozwojem technologicznym. To, co jeszcze kilka lat temu było domeną rozwiązań z wysokiej półki, dziś trafia już „pod strzechy”, więc nabywcy z pewnością mogą cieszyć się z takiego stanu rzeczy. Klienci przyzwyczajeni do konkretnych modeli znanych firm w wersji przewodowej, mogą w wielu wypadkach nabyć analogiczny mikrofon (np. z określonym typem wkładki) w wersji wireless. Nie oznacza to jednak, że taki mikrofon będzie brzmiał identycznie, ponieważ różne są konstrukcje obudów, samych główek itp. no i dochodzą oczywiście uwarunkowania i ograniczenia toru transmisyjnego, o których wspominałem na początku. Ciekawostką jest również fakt, że zdecydowana

większość producentów stosuje (zapewne ze względów oszczędnościowych) plastikowe obudowy mikrofonów dorecznych, co niestety dość często skraca ich żywot w trudnych warunkach pracy estradowej. Proste modele z tej grupy posiadają najczęściej tylko wyłącznik i funkcję „mute” (wyciszenie toru audio, najczęściej realizowane poprzez proste zwarcie wkładki mikrofonu do masy), a te bardziej rozbudowane posiadają wyświetlacze umożliwiające edycję wielu parametrów nadajnika. Niektórzy producenci oferują możliwość pracy z kilkoma rodzajami wkładek w jednym typie nadajnika, co znacząco zwiększa funkcjonalność urządzenia.

Następną popularną grupę tworzą **nadajniki typu „body pack”** mocowane do ciała i połączone kablem z przetwornikiem, którym może być zestaw nagłowny, mikrofon krawatowy, czy wreszcie instrument (np. gitara). Takie zestawy uwalniają od konieczności trzymania mikrofonu w ręce, a instrumentalistom pozwalają na większą swobodę na scenie, gdyż nie ciągnie się za nimi żaden kabel. Miniaturyzacja nadajników spowodowała, że obecnie są prawie niewidoczne i łatwo mogą być mocowane w dowolnym niemal miejscu. Mikrofony krawatowe są co prawda najbardziej „dykretne”, ale z uwagi na ich najczęściej dookólną charakterystykę kierunkową, nie nadają się do pracy na estradzie (tendencja do sprzężeń). Dlatego najczęściej używa się ich w studiach TV i podobnych miejscach. Z kolei mikrofony nagłowne mają najczęściej charakterystyki kierunkowe (kardioida, superkardioida) więc używając ich, należy zachować stałą odległość od ust, aby uniknąć efektu zbliżeniowego.

Kolejną grupą o której trzeba wspomnieć, są **systemy monitoringu dousznego**. Obecnie zdobywają one coraz większą popularność, ponieważ uwalniają muzyków od konieczności stosowania monitorów podłogowych. Backline w tej sytuacji może grać na dużo niższych poziomach, muzycy nie zagłuszają się nawzajem, a brak klasycznych odsłuchów znacząco zmniejsza problemy ze sprzężeniami. Do niedawna z tego typu urządzeń korzystali głównie wokaliści, ale obecnie coraz częściej trafiają one również do innych wykonawców.

### Dwie antenki, czyli True Diversity

Warto jak sądzę poświęcić kilka słów technologii „diveristy”. Otóż istnieją proste systemy bezprzewodowe, pozbawione tej funkcji, które łatwo poznać po tym, że odbiorniki posiadają tylko jedną antenę. W takim wypadku, łatwiej o „zgubienie” sygnału nadajnika i żeby temu niekorzystnemu zjawisku przeciwdziałać, wymyślono system dwuantenowy.



W tzw. „true diversity” są to dwa niezależne człony odbiorcze wyposażone w układ śledzący poziom sygnału i przełączając go w niesłyszalny sposób na tę antenę, która w danym momencie odbiera silniejszy sygnał. W „zwykłym” diversity, człon odbiorczy jest jeden, stosowany jest tylko układ przełączający między antenami. Oczywiście jest, że systemy diversity zawsze będą miały przewagę nad jednoantenowymi, więc właśnie takie warto moim zdaniem kupować, tym bardziej, że ceny obecnie nie różnią się znacząco.

### Od czego zależy jakość transmisji?

Decydującą rolę odgrywa klasa odbiornika, gdyż to w nim wbudowane jest większość mniej lub bardziej zaawansowanych układów elektronicznych. Najtańsze odbiorniki wykonywane są w obudowach z tworzyw sztucznych, co oczywiście utrudnia skuteczne ekranowanie czułych obwodów wejściowych. Urządzenia wyższych klas często oferowane są w obudowach stanowiących moduł rack 19” (czasem jest to szerokości typowego panelu, co pozwala na zestawienie w jednym module 2 odbiorników). Standardowe wyposażenie odbiornika systemu bezprzewodowego w wersji diversity to co najmniej 2 diody pokazujące aktywność danej anteny, diody pokazujące poziom sygnału radiowego oraz sygnału audio, regulator poziomu na wyjściu audio oraz regulator squelch. Standardem, nawet w urządzeniach budżetowych, stało się już symetryczne wyjście audio (XLR) pozwalające na podłączenie odbiornika z symetrycznym wejściem konsolety. Należy zwrócić uwagę, aby ustawić właściwy poziom regulatorem volume, gdyż zbyt silny sygnał z odbiornika może łatwo przesterować czułe wejście mikrofonowe miksera.

### Funkcja squelch

Warto powiedzieć kilka słów na temat tej funkcji, gdyż dość często nie jest ona właściwie rozumiana, choć stosuje się ją praktycznie we wszystkich urządzeniach, nawet tych niższej klasy. Otóż służy ona do odłączania toru audio odbiornika w sytuacji, gdy sygnał z nadajnika jest zbyt słaby, aby zapewnić poprawne działanie systemu. Przw zbvt nisko ustawionei wartości squelch.

**Zaawansowane systemy bezprzewodowe, takie jak EM3732, pozwalają na łączenie odbiorników w sieć i sprawne zarządzanie nimi z poziomu komputera.**



**Nadajnik SKP3000 pozwala na uwolnienie tradycyjnego mikrofonu od kabla.**

na wejście miksera mogą przedostawać się duże szumy w sytuacji, gdy odbiornik straci kontakt z nadajnikiem (zbiera wtedy szumy i zakłócenia z otoczenia), a z kolei przy zbyt wysokiej, może znacząco obniżyć się zasięg transmisji. Należy wyraźnie podkreślić, że squelch ustawiamy zazwyczaj na drodze eksperymentalnej, gdyż w zależności od warunków zewnętrznych może zachodzić konieczność zmiany nastaw.

### Funkcje zaawansowane

Wiele współczesnych systemów posiada funkcję Pilot, która pozwala odbiornikowi rozpoznać, czy docierający do niego sygnał jest wysyłany z własnego nadajnika, gdyż przy większej ilości pracujących jednocześnie systemów lub innych sygnałach zakłócających, mogą wystąpić problemy z identyfikacją. Inną przydatną funkcją jest możliwość automatycznego skanowania pasma transmisji w poszukiwaniu kanału o najmniejszym udziale zakłóceń. Niektórzy producenci wyposażają systemy bezprzewodowe w różnego rodzaju ułatwienia, pozwalające np. na szybkie skopiowanie ustawień z odbiornika do nadajnika za pośrednictwem portu podczerwieni.

### W następnym numerze

To krótkie omówienie podstawowych zagadnień związanych z techniką transmisji bezprzewodowej zostanie uzupełnione w kolejnym numerze MiT, o zbiór przydatnych porad praktycznych, gdyż jak wiadomo, najlepszy nawet system nie zadziała poprawnie, jeśli użytkownik nie będzie znał podstawowych reguł decydujących o jego poprawnym funkcjonowaniu.

**Niniejszym składam podziękowania panu Wiesławowi Kulczykowi z firmy Aplauz, za pomoc udzieloną w kwestiach merytorycznych.**

**Piotr Peto  
PMP Electronics**



**Do podstawowych funkcji odbiornika należy informowanie o poziomie odbieranego sygnału radiowego oraz aktualnie czynnej antenie (jeśli system jest diversity). Bardziej zaawansowane urządzenia wyświetlają dodatkowe informacje na ekranie LCD.**