

W świecie radiofonii ciągle dokonuje się nowych, pasjonujących usprawnień. Mogłoby się wydawać, że w dziedzinie mediów telewizja zajmuje czołowe miejsce. Jest to jednak dalekie od prawdy. W ciągu wielu lat dokonano w radiofonii wielu ulepszeń, które dowodzą, że dostosowuje się ono do najnowszych technologii i że dostarcza słuchaczom wszystkiego, czego potrzebują. Kończymy krótki przegląd technik stosowanych w radiofonii, od najstarszych do współczesnych.



System danych AM

Wszyscy, którzy narzekają na trudności identyfikacji radiostacji w pasmie UKF FM, mieliby jeszcze większe kłopoty na falach krótkich. Trudno się więc dziwić, że podobny system identyfikacyjny został zaproponowany dla pasm krótkofalowych. Został on nazwany AMDS (A.M. Data System, system danych AM) i jest jeszcze w fazie eksperymentalnej, chociaż niektóre radiostacje, w tym BBC World Service, już włączyły go do swoich programów w celu obserwowania jego działania i skuteczności.

Wśród proponowanych udogodnień na pierwszych miejscach znajduje się wiele zawartych w RDS. W szczególności użyteczne są zamienne częstotliwości wraz z nazwami programów lub radiostacji. Komunikaty o ruchu drogowym zostały także włączone do tego systemu, jednak raczej na falach średnich, będących z natury pasmem raczej lokalnym.

Inaczej niż w transmisjach UKF FM, w których jest możliwe skorzystanie z umieszczonej powyżej pasma audio podnośnej, w transmis-

jach AM trzeba było znaleźć inną metodę przesyłania dodatkowych informacji. Wykorzystano do tego modulację fazową częstotliwości nośnej z maksymalną szybkością przenoszenia 200 bitów na sekundę. Detektor sygnału audio odbiera tylko zmiany amplitudy, modulacja fazy nie powinna więc być słyszalna. W ten sposób można równolegle przesyłać sygnały audio i danych.

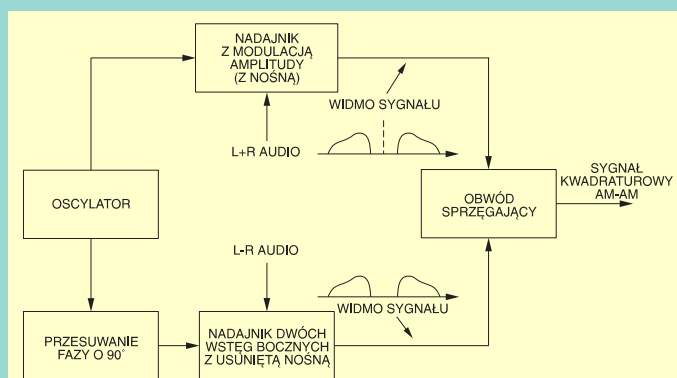
C-QUAM

Radiofonia rozwija się głównie w zakresie UKF FM. Dźwięk wysokiej jakości, stereo, a ostatnio RDS, odciągają słuchaczy od tradycyjnych średniofalowych transmisji AM. Jest to szczególnie ostro odczuwane w USA, gdzie wiele rozgłośni ma koncesje tylko na fale średnie i chciałoby przyciągnąć odbiorców z powrotem z UKF. Jednym z pomysłów odmłodzenia AM jest wprowadzenie stereo. Próbowano wielu metod, ale tylko jedna zdobyła szersze uznanie. Jest to system C-QUAM firmy Motorola. Nazwa wzięła się ze skrótu Compatible QUadrature Amplitude Modulation (kompatybilna kwadraturowa modulacja amplitudy). W systemie tym sygnał

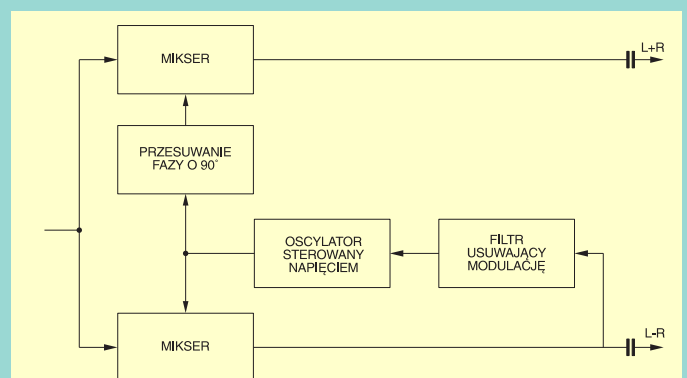
mono L + R jest nadawany niemal w zwyczajny sposób przez modulację amplitudy fali nośnej. Informacja stereo jest natomiast nakładana na falę nośną kwadraturowo, czyli z przesunięciem fazy o 90° w stosunku do sygnału głównego. Zwyczajne odbiorniki reagują tylko na sygnał zmodulowany przez L + R, bez żadnych niepożądanych efektów. Odbiorniki stereo natomiast są w stanie zdekodować całą informację i odtworzyć bez trudności oba kanały.

Pierwszym stadium wytwarzania w nadajniku sygnałów C-QUAM jest generacja zwykłego systemu kwadraturowego AM. W tym celu na tej samej częstotliwości nośnej zostają umieszczone dwa sygnały, ale dla jednego z nich nośna jest przesunięta o 90°. Jeden ze sposobów osiągnięcia tego jest przedstawiony na **rys. 9**.

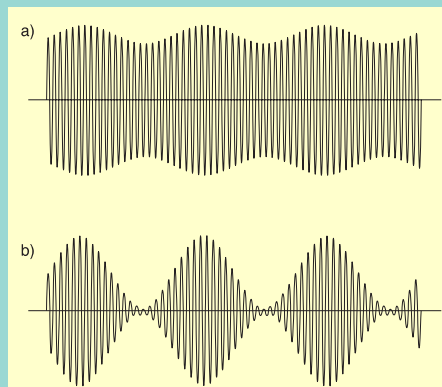
Standardowy nadajnik AM emituje sygnał mono L + R w zwykły sposób. Różnicowy sygnał stereo L - R moduluje drugą częstotliwość nośną, do czego służy układ zwany zrównoważonym modulatorem. Dostarcza on samych wstęp bocznych z usuniętą nośną. Oba sygnały zostają następnie zsumowane, wzmocnione i nadane. Uży-



Rys. 9. Generacja sygnałów kwadraturowych AM.



Rys. 10. Demodulacja sygnałów kwadraturowych AM.



Rys. 11. Obwiednie sygnałów kwadraturowych AM: a) modulacja tylko L+R (czyli sygnał mono); b) modulacja tylko L-R.

ta jest ta sama częstotliwość nośna, więc wstęgi boczne nakładają się w sensie częstotliwości, w odbiorniku mogą jednak zostać od siebie oddzielone.

W odbiorniku (rys. 10) częstotliwość nośna jest użyta do generacji sygnału odniesienia, sterującego dwoma niezbędnymi w procesie demodulacji zrównoważonymi mikserami. Sygnał ten dla jednego z nich zostaje przesunięty o 90°.

Zrównoważony demodulator jest czuły na fazę, zatem jedna jego część może demodulować tylko sygnał L + R, a druga L - R. Dwa te sygnały są następnie demultipleksowane w taki sam sposób jak przy transmisjach UKF FM, otrzymując przez dodawanie i odejmowanie kanały L i R.

Ta podstawowa forma kwadraturowej modulacji amplitudy nie jest niestety zadowalająca. Działa dobrze z użyciem poprawnego demodulatora, jednak nie jest w pełni kompatybilna z większością będących w użytku detektorów AM, które reagują tylko na amplitudę, w rezultacie czego zniekształcenia są większe. Problem nie istnieje, gdy poziom sygnału L - R jest zerowy, ponieważ odebrany sygnał jest taki sam, jak z normalnego nadajnika. Jednakże przy większym sygnale L - R zniekształcenia są większe. Przyczyną tego zjawiska jest brak w procesie demodulacji własnej częstotliwości nośnej sygnału L - R. Jest to przedstawione na rys. 11.

Jeżeli nadawana jest sinusoida tylko w kanale L + R, przybierze ona postać pokazaną na rys. 11a, i może zostać w normalny sposób bez zniekształceń zdemodulowana w każdym odbiorniku. Jeżeli jednak ten sam sygnał jest nadawany tylko w lewym lub tylko w prawym kanale, to obecny jest tylko sygnał L - R, a jego przebieg wygląda tak, jak na rys. 11b. Po jego zdemodulowaniu w zwykłym odbiorniku, łatwo spostrzec, że zniekształcenia będą bardzo duże! Można więc sobie wyobrazić, że w przypadkach pośrednich, gdy istnieją oba sygnały, L + R i L - R, poziom zniekształceń będzie znaczny, zależnie od poziomu sygnału L - R.

Poprawka

Niezakłócanie przez transmisje C-QUAM normalnego odbioru w odbiornikach mono udało się uzyskać w prosty sposób. Sygnał audio L + R służy do zwyczajnej modulacji częstotliwości nośnej. Informacja fazowa, która byłaby dodana do tego sygnału przez sygnał L - R, zostaje wy-

dzielona i użyta do modulacji fazowej głównego generatora nadajnika. Generuje on sygnał, który jest bardzo zbliżony do kwadraturowego sygnału AM, ale kompatybilny z istniejącymi odbiornikami.

W celu uatrakcyjnienia systemu C-QUAM dla producentów odbiorników i operatorów nadajników Motorola produkuje układ scalony demodulatora sygnałów C-QUAM.

Schemat blokowy stopnia, stosowanego w odbiornikach do demodulacji sygnałów C-QUAM, jest przedstawiony na rys. 12. Detektor obwiedni odbiera sygnał L + R w zwyczajny sposób. Sygnał ten jest doprowadzany do układu sterowania poziomem, gdzie zostaje przetworzony w kwadraturowy sygnał AM. Może on teraz zostać zdemodulowany przez dwa detektory synchroniczne czyli miksery i generator sterowany napięciem, wydzielający sygnał L - R. Z sygnałów L + R i L - R przez dodanie i odjęcie mogą zostać odtworzone kanały L i R.

DAB

Dzięki rewolucyjnym postępom elektroniki coraz to nowe pomysły stają się wykonalne i znajdują zastosowanie w istniejących systemach radiofonicznych. Transmisje UKF FM pomimo stosunkowo wysokiej jakości nie mogą dorównać powszechnym obecnie dyskom kompaktowym. Szumy tła, zwłaszcza w systemach stereo, oraz wierność odtwarzania mogłyby zostać poprawione tylko przez wprowadzenie nowego systemu.

Słuchacze radia w samochodach są narażeni na zniekształcenia powstające czasie przejazdu przez miejsca, w których powstają odbicia fal radiowych. Ich przyczyną jest równoczesny odbiór sygnału głównego z opóźnionym sygnałem odbitym. Napotykają oni także na trudności, gdy w czasie jazdy opuszczając obszar zasięgu jednego nadajnika chcą odnaleźć częstotliwość następnego. Bez wielkiej księgi z częstotliwościami nadajników może to się okazać bardzo trudnym zadaniem. Odnalezienie wybranej radiostacji jest trudne także z powodu wielkiej ich liczby. Dwa ostatnie problemy w znacznej mierze należą do obszaru zastosowania RDS, podstawowe mogą

zostać rozwiązane za pomocą najnowszej technologii układów scalonych, na czym opiera się nowo zaproponowany system DAB (Digital Audio Broadcasts, radiofonia cyfrowa).

Start DAB

Rozwiązanie to jest już mocno zaawansowane i BBC właśnie uruchomiła pierwszą na świecie sieć DAB na terenie i wokół Londynu. Zostanie ona wkrótce rozszerzona na obszary innych dużych populacji i na łączące je drogi. W ten sposób programy wysokiej jakości zostaną udostępnione maksymalnej liczbie słuchaczy, i w domach, i przemieszczających się samochodami.

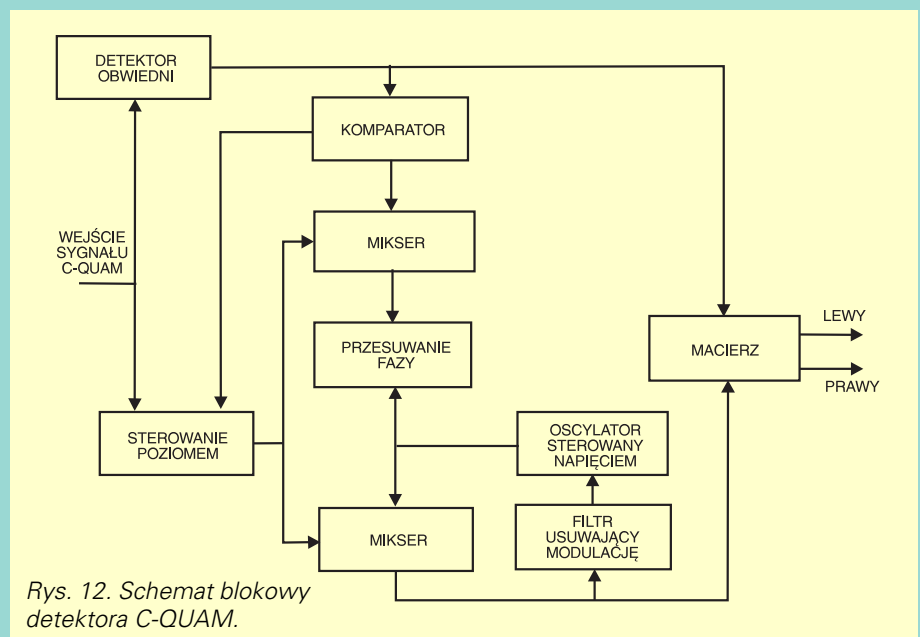
W opracowanie nowego systemu DAB zainwestowano wiele wysiłku, powinien on bowiem zaspokajać wszelkie wymagania w przeciągu dłuższego czasu, sięgającego w przyszłe stulecie. Przede wszystkim powinien on zapewnić transmisję programów o jakości CD tak w warunkach domowych jak i w samochodach. Nowy system powinien spełniać szereg dalszych wymagań, powinien dać się łatwo dostrajać, skutecznie wykorzystywać widmo i nadawać się do emisji i przez naziemne i satelitarne nadajniki.

Odbicia

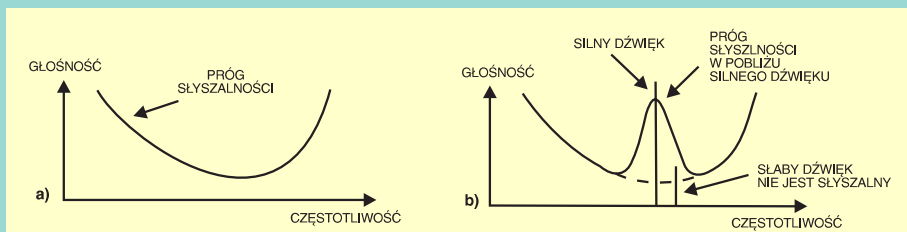
Zapotrzebowanie na ruchome radioodbiorniki ma duży wpływ na sposób nadawania. Odbicia sygnałów cyfrowych, podobnie jak analogowych, wywołują zniekształcenia odbioru. Jeden bit danych łączy się z następnym, ponieważ sygnał odbity może nadejść z opóźnieniem wielu mikrosekund.

W używanym w telewizji z wielkim powodzeniem cyfrowym systemie audio, NICAM, wysyła się 728kbitów na sekundę. Nie napotyka się jednak na takie kłopoty z odbiciami, ponieważ sygnał odbiera się przy pomocy anteny kierunkowej. Antena ta musi zapewniać odbiór bezodbiciowy, aby obraz był pozbawiony podwójnych konturów a dźwięk zniekształceń.

Odbiór bez szkodliwych skutków odbić jest możliwy przy szybkości nie większej niż 7k znaków na sekundę. Pojedyncza częstotliwość nośna przy tej szybkości przesyłania danych nie nadaje się do transmisji wysokiej jakości sygnałów



Rys. 12. Schemat blokowy detektora C-QUAM.



Rys. 13. Czulość ludzkiego ucha na dźwięk: a) poziom słyszalności w ciszy; b) maskowanie słabego dźwięku przez silny.

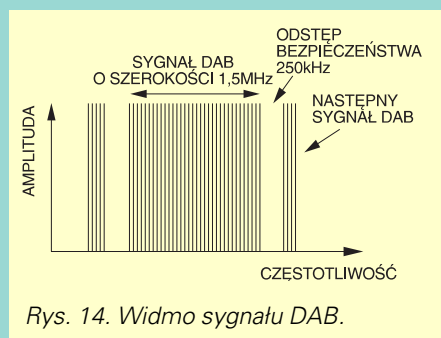
audio. Opracowano w tym celu nowe techniki, zdolne do przesyłania sygnałów bardzo dobrej jakości.

Pierwsza z tych technik polega na przesyłaniu tylko tych dźwięków, które są słyszalne dla ucha ludzkiego. Wykazano, że człowiek nie słyszy wszystkich dźwięków w zakresie pasma audio. Istnieje minimalny poziom progowy, poniżej którego dźwięki nie są słyszalne. Poziom ten jest wyższy i w zakresie wyższych i w zakresie niższych częstotliwości, jak przedstawia rys. 13. Stwierdzono także, że silny dźwięk maskuje słabsze dźwięki o sąsiednich częstotliwościach.

Nadając zgodnie z tą zasadą tylko dźwięki słyszalne, pasmo audio do 20kHz można przesyłać z szybkością 128kbitów na sekundę, sześciokrotnie mniejszą od wymaganej dla przesłania wszystkich danych. Technika ta jest zresztą używana nie tylko w radiofonii, zastosowano ją z powodzeniem w nowych cyfrowych kasetach kompaktowych (DCC) o systemie kodowania PASC i w dyskach kompaktowych Sony o systemie ATRAC.

Chociaż taki system kodowania sygnałów audio jest bardzo użyteczny do redukcji szybkości

przesyłania danych, to nie wystarcza do eliminacji zakłóceń wywołanych przez odbicia fal radiowych. W tym celu ilość danych zostaje jeszcze bardziej ograniczona, ale stosuje się za to szereg częstotliwości nośnych w systemie zwanym CODFM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Osiągnięto w ten sposób dostatecznie niską szybkość przesyłania danych, zachowując równocześnie zdolność do przenoszenia wymaganej ich ilości. W systemie tym używa się 1500 kanałów o niskiej szybkości, które zajmują w widmie około 1,5MHz. Sygnał ten za-



Rys. 14. Widmo sygnału DAB.

wiera 5 kanałów stereo, wybieranych w odbiorniku za pomocą przycisku. Całkowita szerokość pasma wynosi 1,75MHz, w którym kanały są rozmieszczone co 250kHz, jak pokazano na rys. 14.

Nowy system DAB z wielotorowym sygnałem jest odporny także na zakłócenia powodowane przez inne radiostacje, więc częstotliwości mogą być wielokrotnie dublowane, co ułatwia pokrycie obszaru. Można więc stosować "pokrycie dywanowe" bez potrzeby przestrajania odbiornika, gdy pojazd przemieszcza się z obszaru jednego nadajnika w obszar następnego.

Odbiorniki nowego systemu będą w dużym stopniu uzależnione od tzw. cyfrowego przetwarzania sygnału, odtwarzającego sygnał audio. Projektowane są na jego użytek specjalne układy scalone, a producenci odbiorników są zaangażowani w ich projektowaniu. Zapewne pierwsze odbiorniki będą drogie, będą jednak tanieć ze wzrostem sprzedaży.

Zakończenie

Radio stało się ważną częścią codziennego życia. Ciągłe przybywa radiostacji, a ludzie ich słuchają więcej niż dotąd. Wraz z wprowadzaniem w życie nowych idei ich rozwój dotrzymuje kroku rosnącym wymaganiom. Radio nie pozostaje więc w zamierzczłej przeszłości. Rozwija się równocześnie z liderami wraz ze współczesną technologią.

oprac. KP

Artykuł opublikowano na podstawie umowy z "Everyday with Practical Electronics".



Cd. ze str. 51

Na koniec list **Grzegorza Waruszewskiego** ze Świdziebni:

Szanowna Redakcjo!

Z pewnym zdziwieniem przeczytałem w sierpniowym numerze Waszego pisma, a dokładniej w recenzji red. Piotra Górecznego, że prawo Ohma jest słuszne zawsze i wszędzie. Jest nieco inaczej. Zastanówmy się najpierw jaka jest treść tego prawa. Najprościej można powiedzieć, że natężenie prądu w przewodniku jest wprost proporcjonalne do napięcia między jego końcami. Nie jest to sformułowanie pochodzące od odkrywcy prawa (Ohm stwierdził proporcjonalność napięcia do natężenia), ale całkowicie równoważne. Inny sposób przedstawienia tego prawa polega na wcześniejszym zdefiniowaniu oporu jako wielkości pomocniczej. Nie od rzeczy będzie dodać, że definiowanie wielkości nie podlega żadnym ograniczeniom, mogą sobie definiować współczynnik X dla człowieka jako masę ciała w kilogramach podzieloną przez ilość litrów w nazwisku i definicja będzie poprawna, chociaż jakby trochę bezużyteczna. A więc opór elektryczny jest to stosunek napięcia między końcami prze-

wodnika do natężenia płynącego w tym przewodniku prądu. Ale to nie jest prawo Ohma! Jest to jedynie pomocnicza definicja, a treść prawa zawarta jest w następującym po niej stwierdzeniu: opór przewodnika jest stały. Dla porządku dodam trzecie sformułowanie: wykres zależności napięcia od natężenia (lub odwrotnie) dla przewodnika jest linia prosta.

Łatwo zauważyć, że we wszystkich wersjach tego prawa powtarza się słowo przewodnik. Co ono oznacza? Można przyjąć (i tak czyniono), że przewodnik to materiał spełniający prawo Ohma. Wtedy rzeczywiście jest ono słuszne zawsze, podobnie jak masło jest maślane, i nie ma o czy mówić. Jeżeli jednak przyjmujemy bardziej potoczne rozumienie przewodnika jako ciała, które może przewodzić prąd elektryczny, to istnieją takie ciała, dla których prawo Ohma nie jest spełnione. Natomiast stwierdzenie, że dioda nie ma rezystancji, jest oczywiście niepoprawne, rezystancję można obliczyć na podstawie wzoru nawet dla serka topionego. Istotne jest to, że nie jest ona stała, a zmienia się w zależności od przyłożonego napięcia.

Rzeczywiście, elektronicy są tak przyzwyczajani do oporu (no, niech będzie popra-

wnie, rezystancji) i do prawa Ohma, że używają ich dla elementów tego prawa nie spełniających. Nie jest to specjalnie trudne, ponieważ najbardziej zwiariowany wykres zależności natężenia od napięcia rozpatrywany w niewielkim przedziale zmian napięcia jest prawie linią prostą (jeżeli nie jest, to bierzemy mniejszy przedział). Dla tego przedziału prawo Ohma jest słuszne, chociaż ogólnie element mu nie podlega.

Przepraszam za topatologiczne tłumaczenie, ale jako nauczyciel mam już takie odchylenie zawodowe. Skoro już napisałem ten list, to poruszę jeszcze jedną denierującą sprawę dotyczącą pośrednio tego prawa. W wielu publikacjach wyjaśnia się, że zimna żarówka ma mały opór, dlatego żarówka przepala się w momencie włączenia. Wszystko się zgadza z wyjątkiem słowa "dlatego". Przez zimną żarówkę płynie prąd o dużym natężeniu, ale przecież natężenie nie przepala żarówki, tylko wysoka temperatura włókna, o czym wie każdy, kto widział na końcach takiego włókna stopione kuleczki wolframu. Jednym słowem włókno rozgrzewa się nadmiernie, ponieważ jest zimne. Widywałem logiczniejsze rozumowania.