

Pavel Šir

**KONSTRUKCJE
RADIOAMATORSKIE
DLA PASM
MIKROFALOWYCH**

Praha 2001



Pavel Šir, OK1AIY

KONSTRUKCJE RADIOAMATORSKIE DLA PASM MIKROFALOWYCH

Bez wcześniejszej pisemnej zgody wydawnictwa jakakolwiek część nie może być kopiowana lub powielana w jakiegokolwiek postaci (druk, fotokopia, mikrofilm lub inny sposób), przekazana do systemu informatycznego lub przenoszona w innej postaci albo innymi środkami. Autor i wydawnictwo nie przyjmują odpowiedzialności za prawidłowość materiałów drukowanych. Przedstawiane układy i informacje są publikowane bez względu na ewentualne patenty osób trzecich. Wykluczone są odszkodowania na skutek zmian, błędów lub zaniechania.

Przekład: Zdzisław Bieńkowski, SP6LB

Wszelkie praw zastrzeżone. Praga 2001

@ Pavel Šir

@ Wydawnictwo BEN – literatura techniczna, Vešínova 5, Praga 10
Wydanie 2-gie, rozszerzone

Pavel Šir: Radioamatérské konstrukce pro mikrovlnná pásma
BEN – technická literatura, Praha 2001

2. vydání

ISBN 80-7300-107-1

	WPROWADZENIE	6
1	KONSTRUKCJE OBWODÓW RADIOWYCH DLA PASMA 1296 MHz – PROBLEMY OGÓLNE.....	9
1.1	Prosty transwerter dla pasma 1296 MHz	11
1.2	Kondensatory	16
1.3	Kondensatory dostrojczce, trymery	16
1.4	Transwerter dla pasma 1296 MHz z dużą czułością i mocą wyjściową 1 W	18
1.5	Przedwzmacniacz dla pasma 1296 MHz	22
1.6	Mikrofalowe wzmacniacze monolityczne	23
1.7	Moduły mocy	30
1.8	Mieszacze zrównoważone	35
1.9	Wzmacniacz mocy dla pasma 1296 MHz z lampą 2C39 [23]	38
1.10	Antena LOOP YAGI dla pasma 23 cm	45
1.11	Zastosowanie anten parabolicznych dla pasma 23 cm	47
2	KONSTRUKCJE TRANSWERTERÓW DLA PASMA 2320 MHz (DŁUGOŚĆ FALI 13 CM)	51
2.1	Prosty transwerter z powielaczem waraktorowym	52
2.2	Części funkcyjne urządzenia	53
2.3	Konstrukcja odbiornika, uruchomienie	56
2.4	Część nadawcza – powielacz waraktorowy	58
2.5	Wykonanie rekonstruowane umożliwiające pracę SSB i uzupełnione wzmacniaczem mocy z lampą elektrodową	62
2.6	Pełna koncepcja; przygotowanie sygnału 2160 MHz dla mieszacza mocy	63
2.7	Mieszacz mocy	66
2.8	Wzmacniacz mocy dla pasma 2304 MHz z lampą 2C39	67
2.9	Wykonanie mechaniczne	69
2.10	Uruchomienie urządzenia	70
2.11	Całkowicie tranzystorowy transwerter dla pasma 13 CM	75
2.12	Część wspólna – źródło sygnału 2160 MHz dla mieszaczy	75
2.13	Część odbiorcza – konwerter z 2304 na 145 MHz	78
2.14	Część nadawcza – mieszacz 145/2304 MHz	78
2.15	Uruchomienie – nastawienie	80
2.16	Transwerter dla pasma 13 cm z dużą czułością na wejściu i mocą wyjściową 0,3–0,5 W (wzбудnica stopnia mocy)	85

2.17	Przykład wykonania wzmacniacza z tranzystorem w układzie ze wspólną bazą dla pasma 13 cm	93
2.18	Stabilizacja punktów pracy we wzmacniaczach mocy	95
2.19	Układ uniwersalnego wzmacniacza tranzystorowego	96
2.20	Anteny dla pasma 13 cm	97
2.21A	Konstrukcja transwertera dla pasma 3400 MHz (długość fali 9 cm)	102
2.21B	Prosty transwerter dla pasma 9 cm	104

3 KONSTRUKCJA TRANSWERTERÓW DLA PASMA 5760 MHz (DŁUGOŚĆ FALI 6 CM) 107

3.1	Dwie różne konstrukcje transwerterów dla pasma 5760 MHz	107
3.2	Opis prostszej wersji transwertera dla 6 cm	109
3.3	Oscylator 5616 MHz	111
3.4	Bardziej złożona wersja transwertera z mieszaczem subharmonicznym według DC0DA	118
3.4	Przełącznik antenowy	123
3.6	Praktyczne wykonanie i nastawienie wzmacniacza	124
3.7	Wstępny dwustopniowy wzmacniacz w torze odbiorczym	125
3.8	Praktyczne porównanie obu typów	131

4 KONSTRUKCJE TRANSWERTERÓW DLA PASMA 10 368 MHz (DŁUGOŚĆ FALI 3 CM) 133

4.1	Podstawowe uwagi na temat konstrukcji prostego transwertera	133
4.2	Opis oscylatora	134
4.3	Poziomy mocy	147
4.4	Ostateczne zestrojenie transwertera	148
4.5	Zgrubna kontrola częstotliwości nadajnika	149
4.6	Kontrola pracy odbiornika	150
4.7	Antena i jej zasilanie	150
4.8	Wzmacniacz dla pasma 3 cm	154
4.9	Praktyczne wykonanie wzmacniacza	154
4.10	Montaż końcowy i regulacja urządzenia	164
4.11	Dalsze ulepszenie transwertera dla pasma 3 cm	165
4.12	Przełącznik antenowy	170
4.13	Odpowiednie anteny dla 3 cm	171

5	KONSTRUKCJE TRANSWERTERA DLA PASMA 24 GHz (DŁUGOŚĆ FALI 1,25 CM)	173
5.1	Części odpowiednie do stosowania w paśmie 24 GHz	174
5.2	Część nadawcza i odbiorcza transwertera dla 24 GHz (bez zastosowania tranzystorów GaAs)	174
5.3	Ocena wyników	189
5.4	Anteny dla 24 GHz	189
5.5	Dalsze ulepszenie transwertera dla 24 GHz	190
6	POMOCE DLA PRACY NA MIKROFALACH	193
6.1	Prosty wskaźnik w.cz. – sonda pomiarowa	193
6.2	Falowody dla mikrofal	195
6.3	Pomiar częstotliwości (długość fali)	195
6.4	Cyfrowy pomiar częstotliwości na mikrofalach	196
6.5	Miernik mocy w.cz. na mikrofalach	200
6.6	Źródła sygnału kontrolnego dla pasma 6 cm i 3 cm	203
6.7	Bikony na pasmach mikrofalowych	205
7	METODY PRACY W PASMACH 6 CM I 3 CM	207
7.1	Dokładne nakierowanie anten parabolicznych	207
8	WPŁYW ATMOSFERY NA ROZCHODZENIE SIĘ MIKROFAL	211
	ZAKOŃCZENIE	216
	LITERATURA	218
	WYDAWNICTWO BEN – Literatura techniczna	219
	ADRESY INTERNETOWE	222

WPROWADZENIE

Mikrofalami nazywane są fale radiowe krótsze od 30 cm. Fale tej długości odpowiadają częstotliwości 1000 MHz, tak więc częstotliwości wyższe od 1 GHz nazywamy pasmami mikrofalowymi.

Widmo częstotliwości mikrofal jest bardzo szerokie i już od dziesiątek lat jest podzielone na poszczególne wycinki ze względu na ich zastosowanie. Tak więc określone pasma częstotliwości zajmuje na przykład technika radiolokacyjna i zabezpieczenia, telewizja, trasy rozgłośni i telefonii, telewizja satelitarna i komunikacja z sondami kosmicznymi.

Są tam także małe wycinki przewidziane dla eksperymentów radioamatorskich, które nazywamy pasmami amatorskimi. Wymieńmy chociażby te, na które zwracamy uwagę w pracy praktycznej i są tematem niniejszej publikacji. Pierwszym jest pasmo 23 cm, następnie 13 cm, 6 cm, 3 cm i pasmo 1,25 cm.

Wykonanie amatorskiego urządzenia odbiorczego i nadawczego dla tych pasm nie jest łatwe i, można powiedzieć, że jest bardzo trudne, a z każdym wyższym pasmem problemów przybywa. Technologia mikrofal różni się od rozwiązań obwodów elektronicznych. Jest więc terenem działania dla tych wszystkich, którzy nie zadawalają się łatwą zabawą a chcą cierpliwie wykonać prace i mieć trochę niezwykłej przygody. A to wszystko dają mikrofałe. Tutaj nie można niczego odwalić lub wykonać „jakoś tam”. W wyniku mozolnej pracy wykonane zostają na koniec naprawdę unikalne urządzenia i wiele pierwotnie nieosiągalnych połączeń radiowych. I rzeczywiście ta pionierska praca czyni z techniki mikrofalowej niefałszowany „sport radioamatorski” przynoszący dużą radość, trochę romantyki i zadowolenia.

Wszystko to, co w niniejszej publikacji napisano, było praktycznie wykonane i zbadane podczas zawodów radioamatorskich. Konstrukcje są wykonane z uwzględnieniem skromnych możliwości, jakie będzie miała znaczna większość zainteresowanych. Ponieważ założono, że znaczna część konstruktorów będzie należała do grupy młodzieżowej, to dlatego zastosowano dokładniejszy opis poszczególnych urządzeń. Następnie opisano jak można wykonać proste, ale działające urządzenie w skromnych warunkach, jednak przy założeniu posiadania podstawowych wiadomości i zręczności rzemieślniczej. Nie brakuje także miejsca na zastosowanie najnowszych części, które są na najwyższym poziomie techniki światowej. W poszczególnych rozdziałach są kolejno rozwinięte podstawowe pomysły prostszych urządzeń i konstrukcji bardziej złożonych pod względem ich mechanicznego i elektrycznego wykonania. Opis obejmuje także sposób nastawienia poszczególnych obwodów i praktyczną ocenę osiągniętych wyników.

Nie są tutaj opisywane konstrukcje podstawowych trasiwerów dla pasma 2 m i 70 cm oraz nie są rozwijane wiadomości teoretyczne.

Trudniejszą częścią pracy są jedynie skromne pomiary na mikrofalach opisane w rozdziale „Pomoce dla pracy na mikrofalach“. Jest tam opisanych szereg urządzeń i pomocy, którymi można zastąpić brak specjalnych urządzeń pomiarowych, oraz metody pracy dające wyniki na pasmach.

Na koniec chcę podziękować wszystkim współpracownikom, którzy przyczynili się do osiągnięć.

Bardzo nieczytelnemu rękopisowi życie nadała Lenka Hlavova. Przy badaniu konstrukcji i anten współpracowali: Jiri Koukol, OK1MWD, Mirosław Skala, OK1UFL, Jan Skala, OK1UFP i Mirosław Pavelka, OK1DGI.

Niech ta publikacja będzie dobrą pomocą dla tych, którzy zainteresowani są pracą na mikrofalach.

KILKA SŁÓW DO DRUGIEGO WYDANIA

Od pierwszego wydania książki upłynęło już dwanaście lat. Dwanaście lat w których wiele się zmieniło nie tylko na świecie ale także i u nas.

Wielkie zmiany nastąpiły nie tylko w technice ale i w sposobie myślenia ludzi, decydującym momentem był bezspornie rok 1989. Ze świata otaczającego szybko przybyła technika łączności o nieznanymi właściwościami, która natychmiast zapełniła przestrzeń tam, gdzie jej przed tym nie było.

Bardzo podobnie stało się z urządzeniami amatorskimi. Nagle można było kupić urządzenia, które byłyby w warunkach domowych trudne do stworzenia. Jest to teraz kwestia pieniędzy, radioamatorem teraz może stać się natychmiast każdy ...

Nie mam nic przeciwko dobrym urządzeniom, za którymi ktoś tęsknił całe życie i które bezspornie pozwalają na lepszą pracę na pasmach, ale cała ta wspaniałość ma i drugą stronę. W blasku drogich kupionych urządzeń niknie czar, który przynosił nasz sport, to jest przeprowadzanie łączności na czymś, co wykonaliśmy własnymi rękoma, a w czym jest przede wszystkim nasza wiedza i wiele godzin zużytego czasu. Właśnie taka łączność, którą wykonujemy w napięciu i nieraz z mocną dawką przygody to jest to już tylko, jak to się często mówi, „rodzynkiem w torcie“.

W tej sytuacji powstaje drugie wydanie publikacji, Nie było łatwo zdecydować co pominąć i co zastąpić czymś nowym – wszak wszystkie konstrukcje w „swoim czasie“ powstawały z podobnym nakładem pracy, a na koniec przy ich pomocy dokonywano dalekich łączności i uzyskiwano dobre wyniki podczas zawodów.

Konstrukcjami będą zajmowali się głównie młodzi entuzjaści, którzy w szkołach nie spotykają się już ze starszą techniką i z którą powinni się szybko zapoznać. W końcu nie na darmo mówi się, że „abyśmy dobrze zrozumieli współczesność, to musimy dobrze znać przeszłość“

Z tych powodów pozostawiono większość starszych opisów i konstrukcji. Rozdział dla pasma 23 cm z lampami został uzupełniony opisami urządzeń ze

wzmacniaczami monolitycznymi na mikrofalach, które dobrze uzupełniają konstrukcje na wszystkich pasmach mikrofalowych.

Również rozdział o modułach mocy dla pasma 23 cm określa drogę znacznego postępu. Pozostawiono konstrukcję wzmacniacza na lampie dla pasma 13 cm, gdyż na tej drodze można taniej, jedynie przy pewnej zręczności, uzyskać większą moc. Nie stanowi przeszkody, że lampa HT323 lub 2C39BA jest już przestarzała. Jest ich setki tysięcy na całym świecie i przez dziesiątki lat wielu radioamatorów używa je do dziś także w urządzeniach dla EME, gdzie nadal bardzo dobrze pracuje.

Podobnie pozostawiono rozdział opisujący konstrukcje na waraktorach. W ubiegłym okresie element ten był kluczowym we wszystkich profesjonalnych urządzeniach, gdzie w powielaczach służył do uzyskania dostatecznej mocy także na najwyższych częstotliwościach. W końcu nadejście GaAs definitywnie wyparło waraktory do tyłu, ale na wysokich częstotliwościach, ponad 50 GHz są one nadal stosowane.

W publikacji jest wzmianka o mieszaczach zrównoważonych (balanced modulator) które już od dziesiątek lat są stosowane, a ich czeskie wykonanie pod nazwą UZ07 znajduje się w wielu domowych urządzeniach. Dla przykładu są podane niektóre najczęściej stosowane starsze typy a także kilka nowych, do stosowania aż do 26 GHz.

W lipcu 2000 zostało dopuszczone dla naszych radioamatorów pasmo w zakresie 9 cm szerokości 10 MHz. Opisany został bardzo prosty transwerter dla pasma 3400 MHz wykonany przez OK1UFL, który służy głównie początkującym.

Na wyższych pasmach nie doszło do zasadniczych zmian, jedynie dzięki elementom SMD można wykonać urządzenia mniejsze, z lepszymi parametrami i na jednej płytce. Niektóre firmy światowe wykonują tranzystory GaAs na duże moce. Mocy odpowiada wysoka cena. Szkoda – tego po domowemu już nie ominie, tak więc jeśli ktoś chce mieć dużą moc, koniecznie musi taki tranzystor kupić. Zaleca się jednak kupienie go już w gotowym wzmacniaczu, tak abyśmy nie uszkodzili go jeszcze przed załączeniem.

W części o pomocach pomiarowych jest trochę informacji o radiolatarniach (bikonach) w pasmach mikrofalowych, które u nas pracują i dobrze spełniają swoją rolę.

Za ich pośrednictwem dowiadujemy się co się dzieje w troposferze w niektórych sytuacjach meteorologicznych, na przykład gdy powstają warunki dla wykorzystania rozproszenia deszczowego (Rain scattering). Sprawa ta jest szczegółowo opisana w rozdziale „Wpływ atmosfery na rozchodzenie się mikrofal“ Jest tam kilka nowych istotnych informacji o rozchodzeniu się mikrofal w różnym środowisku.

Jako autor uważam, że publikacja ta będzie dobrym przewodnikiem dla tych, którzy chętnie tworzą i cieszą się ze skromnych dobrych osiągnięć.

Pavel šir