

BIBLIOTEKA  
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

46

KRZYSZTOF DĄBROWSKI  
OE1KDA

TESTY SPRZĘTU  
TOM 2

WIEDENŃ 2019



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA  
Wiedeń 2019

Opracowanie niniejsze może być rozpowszechniane i kopiowane na zasadach niekomercyjnych w dowolnej postaci (elektronicznej, drukowanej itp.) i na dowolnych nośnikach lub w sieciach komputerowych pod warunkiem nie dokonywania w nim żadnych zmian i nie usuwania nazwiska autora. Na tych samych warunkach dozwolone jest tłumaczenie na języki obce i rozpowszechnianie tych tłumaczeń.

Na rozpowszechnianie na innych zasadach konieczne jest uzyskanie pisemnej zgody autora.

# **Testy sprzętu**

## **Tom 2**

**Krzysztof Dąbrowski OE1KDA**

**Wydanie 1**  
**Wiedeń, wrzesień 2019**

## Spis treści

1. TS-890S pod lupą	6
2. Radiostacja KF, 6 i 4 m TS-890S	15
3. Radiostacja Flex-6400M na KF i 6 m	19
4. IC-7610 – radiostacja z cyfrową obróbką sygnałów	27
5. IC-7300	33
6. TS-590SG – radiostacja Kenwooda na pasma KF i 6 m	39
7. TS-590SG – Badania odbiornika, część 1	46
8. TS-590SG – Badania nadajnika, część 2	53
9. RSP1 – odbiornik z cyfrową obróbką sygnałów firmy SDRplay	58
10. Wzmacniacz mocy HPA-8000B firmy Hilberling	63
11. Krótkofalowy wzmacniacz mocy HLA 305V firmy „RM Italy”	73
12. ACOM 600S – wzmacniacz liniowy na pasma 160 – 6 m	76

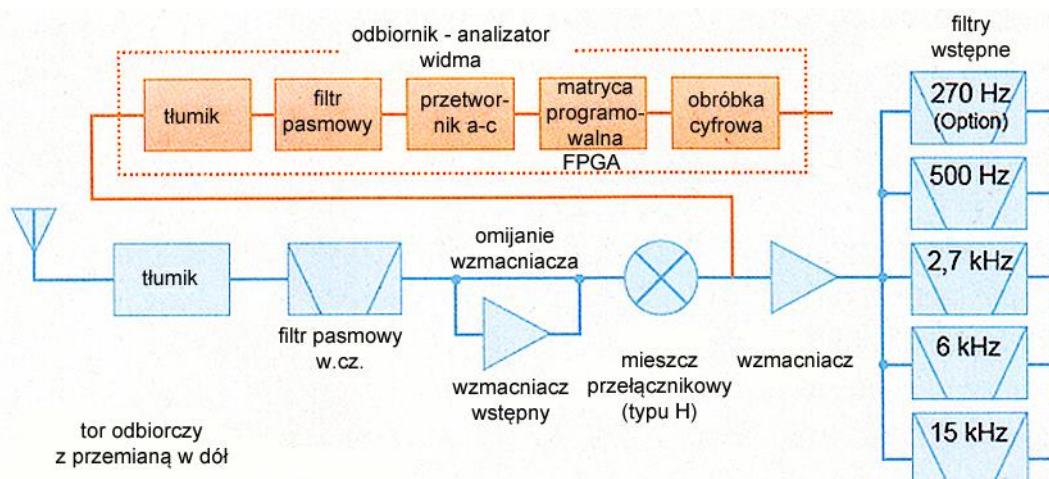
## Sommaire

### Évaluation de l'équipement

1. Examiner de TS-890S	6
2. Émetteur-récepteur pour HF, 6 et 4 m TS-890S	15
3. Émetteur-récepteur Flex-6400M pour HF et 6 m	19
4. IC-7610 – Émetteur-récepteur définie par logiciel	27
5. IC-7300	33
6. TS-590SG – Émetteur-récepteur de Kenwood pour HF et 6 m	39
7. TS-590SG – évaluation de récepteur, 1 <sup>ère</sup> partie	46
8. TS-590SG – évaluation d'émetteur, 2 <sup>ème</sup> partie	53
9. Récepteur définie par logiciel RSP1 de SDRplay	58
10. Amplificateur de puissance HPA-8000B de Hilberling	63
11. Amplificateur de puissance HF HLA 305V de „RM Italy”	73
12. ACOM 600S – amplificateur linéaire pour les bandes de 160 – 6 m	76

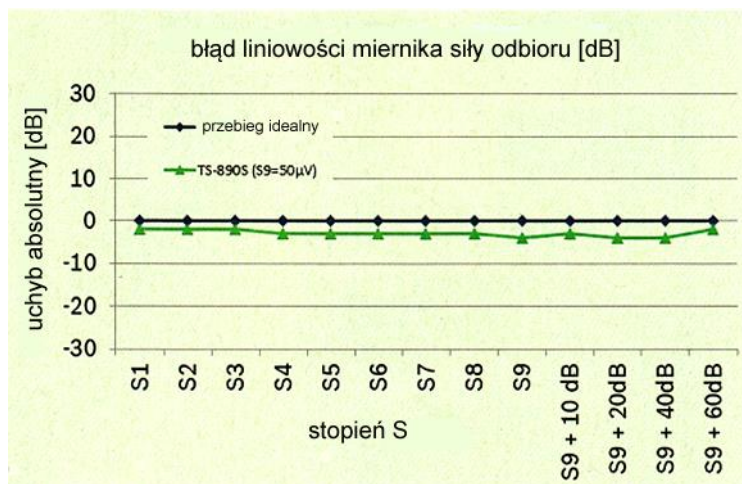
### 1. TS-890S pod lupą

W ulotkach reklamowych TS-890S Kenwood zwraca uwagę na bardzo dobre dynamiczne parametry odbiornika, takie jak zakres dynamiki wolny od modulacji skrośnej (IMDR), zakres dynamiki ograniczony przemianą zwrotną (RMDR) i blokowaniem odbiornika (BDR). Natomiast znacznie mniejszą wagę przywiązano do zakresu dynamiki ograniczonego składowymi intermodulacyjnymi trzeciego rzędu (IP3). Pomiarami parametrów radiostacji TS-890S o numerze fabrycznym B8A30365 DL8ABE zainauguował swoje nowo uruchomione stanowisko pomiarowe.



Rys. 1.1. Schemat blokowy toru odbiorczego. Filtr 270 Hz jest dostępny dodatkowo

Wygląda na to, że parametr IP3 już się trochę opatrzył, a na dodatek w nowoczesnych odbiornikach programowalnych (ang. *SDR*) wogóle nie ma on większego sensu. W nowoczesnych konstrukcjach odbiorników analogowych zakres dynamiki jest też przeważnie w większym stopniu ograniczony przez pozostałe wymienione właściwości i dlatego parametr IP3 nie wnosi żadnych istotnych informacji. W ostatecznym rachunku o jakości odbiornika decyduje zresztą nie pojedynczy parametr, a wzajemnie zharmonizowany zestaw ich wartości. Wartości podane przez producenta pozwalają przypuszczać, że ich sprawdzenie pomiarowe wiąże się z licznymi trudnościami takimi jak zakresy pomiarowe przyrządów, dojście do granicy wysterowania przetwornika analogowo-cyfrowego w odbiorniku jeszcze przed osiągnięciem poziomu blokowania odbiornika, niebezpieczeństwo uszkodzenia stopni wejściowych odbiornika przy próbach wykorzystania pełnego zakresu dynamiki itp. Wejście odbiornika jest na szczęście zabezpieczone przed przeciążeniem. Większość z podanych przez producenta wartości – ale nie wszystkie – została potwierdzona również przez niezależne pomiary Sherwooda [3].



Rys. 1.2. Również Kenwood zdecydował się na skalę 3 dB – z dobrym wynikiem



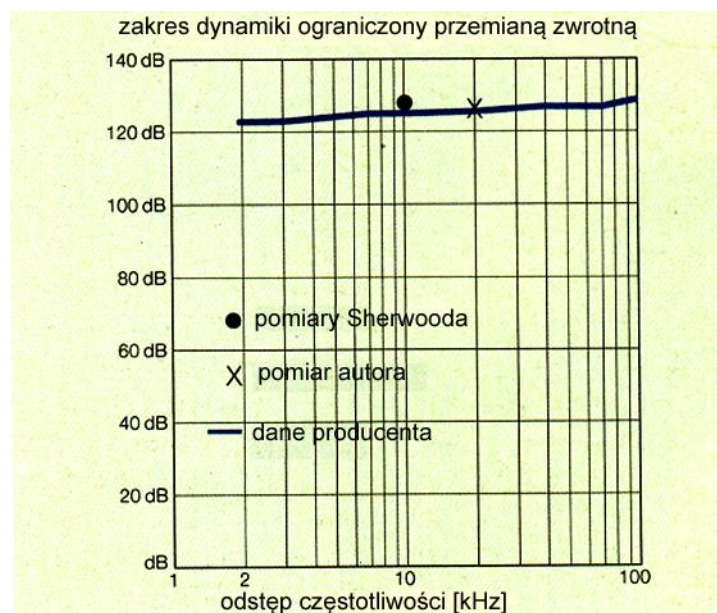
Rys. 1.3. Pomiary zakresu dynamiki ograniczonego składowymi intermodulacyjnymi wykazują daleko idącą zgodność

### Współczynnik szumów

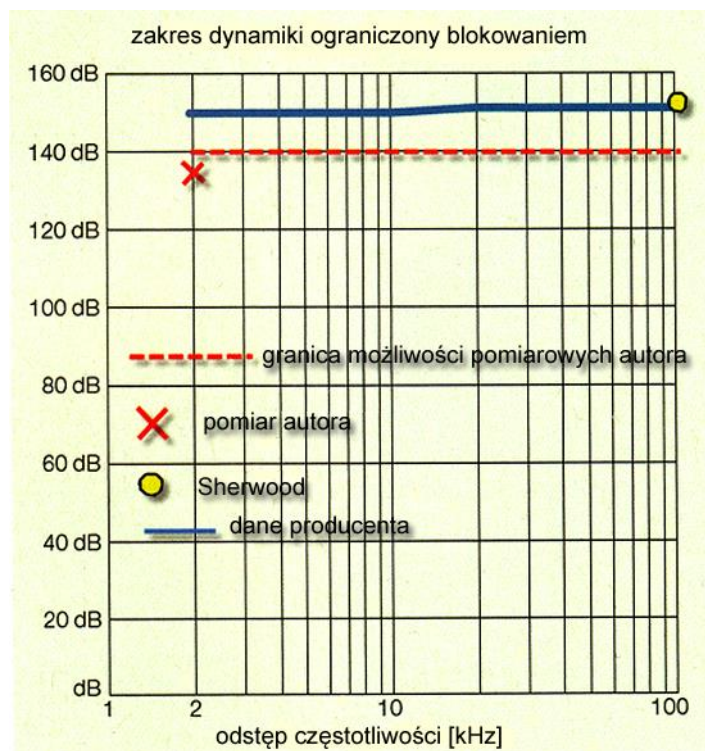
Zmierzony przez autora przy użyciu miernika SKTU firmy „Rohde&Schwarz” współczynnik wyniósł 6 w paśmie 20 m. Nie jest to wartość zła, ale z pewnością nie nadająca się na pierwszą stronę prospektów reklamowych.

### Czułość i poziom szumów własnych

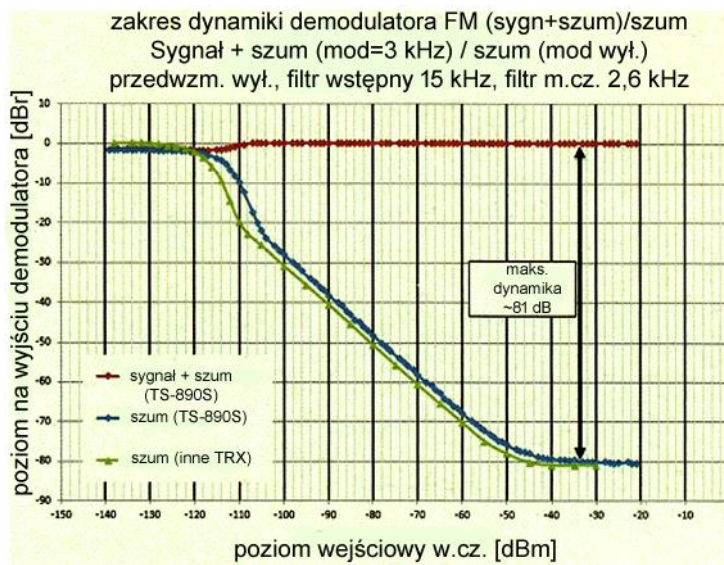
Zmierzony poziom szumów własnych wynosi rewelacyjne  $-139,2$  dBm, a przy włączonym eliminatorze szumów NR2 nawet  $-144,5$  dBm ( $0,014 \mu\text{Vsk}$ ). Kontynuacją pomiaru poziomu szumów własnych jest pomiar czułości odbiornika. Zamiast odstęp sygnał szum 3 dB stosowany jest tutaj odstęp 10 dB (względnie 12 dB SINAD dla modulacji FM). Nie wiadomo tylko dlaczego Kenwood podaje identyczne czułości dla telegrafii i SSB mimo różnych szerokości pasma sygnału. Zasadniczo należałoby spodziewać się różnicy w przybliżeniu 7 dB. Wyniki własnych pomiarów potwierdziły te oczekiwania dając czułość  $-129,6$  dBm ( $0,07 \mu\text{Vsk}$ ) dla telegrafii i  $-136,9$  dBm ( $0,032 \mu\text{Vsk}$ ). W prospekcie podana jest natomiast znacznie gorsza czułość  $-121$  dBm czyli  $0,2 \mu\text{Vsk}$ . Być może chodzi tu o czułość przy wyłączonym przedwzmacniaczu.



Rys. 1.4. Pomiar zakresu dynamiki ograniczonego przemianą zwrotną dał wynik zbliżony do otrzymanego przez Sherwooda i lepszy niż podany przez producenta



Rys. 1.5. Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem – zmierzony wynik 136 dB przy odstępnie 2 kHz leży w pobliżu granicy możliwości pomiarowych autora



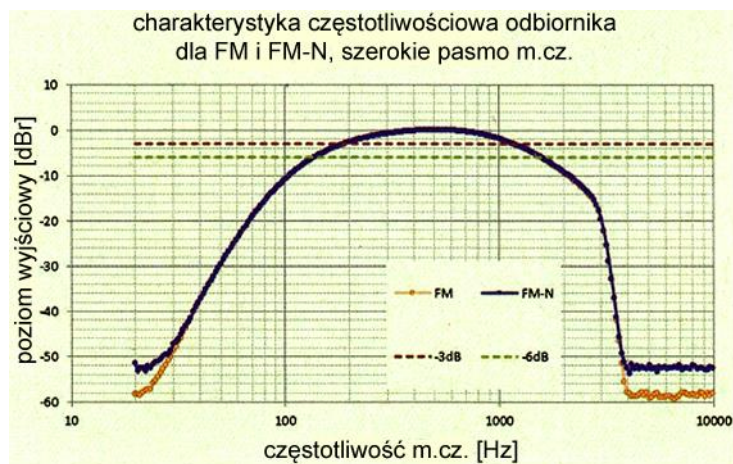
Rys. 1.6. Osiągany zakres dynamiki jest doskonały

### Selektywność

W TS-890S występują trzy rodzaje filtrów: cztery przełączane filtry wstępne pośredniej częstotliwości (ang. *roofing filter*), cyfrowe filtry p.cz. i jako ostatni – cyfrowy filtr małej częstotliwości. Możliwości jego regulacji były zbliżone do występujących w pulpitych mikserskich. Ustawienia filtracji i barwy dźwięku są tak obszerne, że producent przewidział dla nich trzy pamięci. Trudno je zresztą tutaj wyliczyć dokładnie, ale należą do nich różne współczynniki kształtu charakterystyki (nawet dochodzące do 1,2 – 1,4), filtry zaporowe o tłumieniu powyżej 60 dB, szerokie możliwości wyboru częstotliwości granicznych i szerokości pasma itd. Na ekranie radiostacji wyświetlany jest także wskaźnik widma m.cz., na którym nawet użytkownicy mniej obcy z techniką realizacji dźwięku mogą łatwo zauważyć



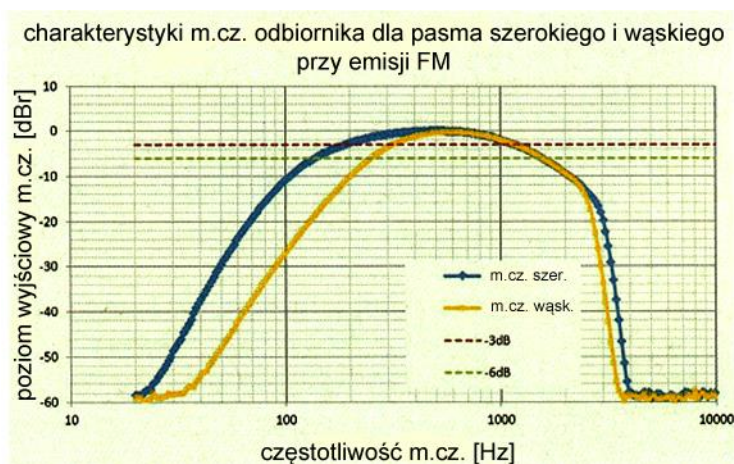
skutki zmiany ustawień filtra. Przełączenie ze standardowej modulacji FM na modulację o wąskiej dewiacji (FM-N) powoduje automatyczne zwiększenie wzmocnienia m.cz. o 6 dB, co zapewnia jedną siłą głosu w obu przypadkach.



Rys. 1.7. Charakterystyki częstotliwościowe odbiornika dla emisji FM i FM-N

#### Wskaźnik siły odbioru

Również wskaźnik siły odbioru można dopasować indywidualnie do potrzeb użytkownika. Siła sygnału jest wskazywana analogowo lub cyfrowo z dobraną przez operatora czułością. Według danych producenta ustawienie „TYP1” ma być kompatybilne z pozostałym sprzętem radiowym Kenwooda, co oznacza 3-decybelowy odstęp między stopniami S zamiast standardowych 6 dB. Zakres wskazań S jest w wyniku tego zawężony u dołu i kończy się dla wskazania S1 na poziomie -117 dB. Można oczywiście zadać sobie pytanie czy skala 6 dB kończąca się przykładowo na UKF-ie przy -141 dBm jest rzeczywiście przydatna w praktyce. Miernik wskazujący siłę S2 – S3 już w wyniku wpływu własnych szumów odbiornika byłby raczej mylący dla użytkownika. W wariantcie wybranym przez Kenwooda średni błąd wskazań wynosi -2,9 dB i jest właściwie do przyjęcia.

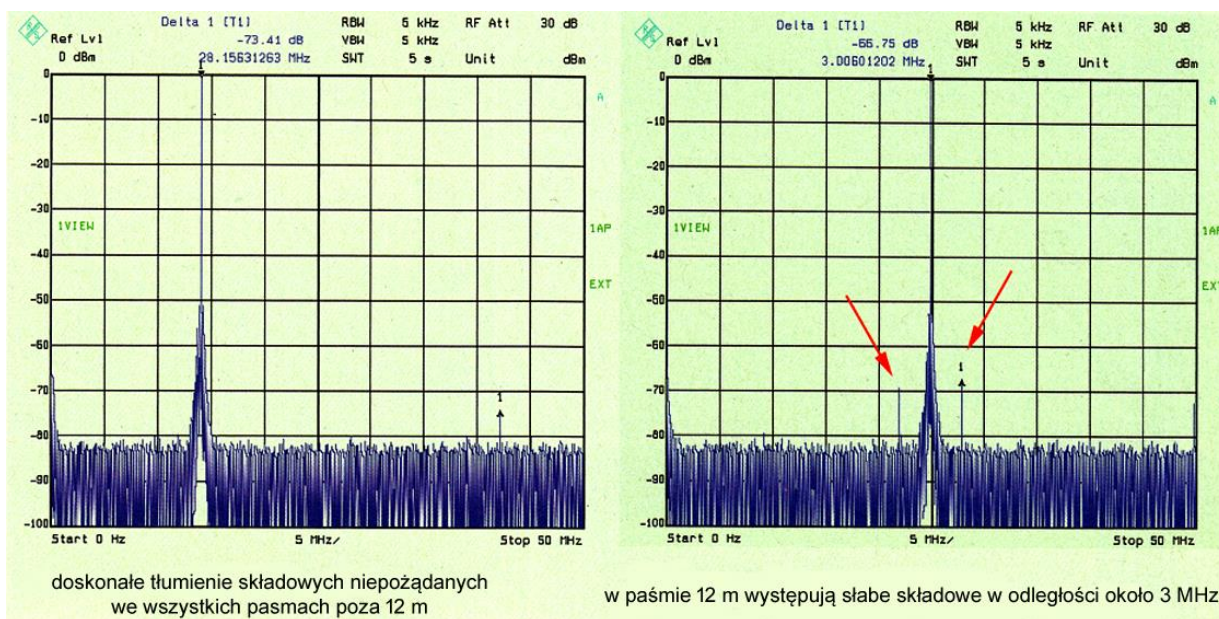


Rys. 1.8. Wpływ zmian szerokości pasma m.cz. na charakterystykę częstotliwościową

#### Zakres dynamiki ograniczony składowymi intermodulacyjnymi 3 rzędu

Zakres ten oznaczany w skrócie jako IMDR 3 odpowiada prawie w pełni znanemu pod nazwą IP3. W połączeniu z poziomem szumów własnych odbiornika decyduje on jego zakresie dynamiki wolnym od sygnałów pasożytniczych powstających w wyniku nieliniowości charakterystyki przenoszenia odbiornika. Pomiar polega na doprowadzeniu do wejścia odbiornika dwóch sygnałów o odstępnie częstotliwości 2, 5 albo 20 kHz. Powstające w wyniku przesterowania składowe intermodulacyjne trzeciego rzędu

(IP3) leżą w paśmie odbioru lub tak blisko niego, że niemożliwe jest ich odfiltrowanie od sygnału użytecznego. W trakcie pomiaru należy zadbać o to, aby sygnały intermodulacyjne nie powstawały już w wyniku wzajemnego oddziaływania generatorów na siebie. Konieczne jest więc zastosowanie sumatorów o wysokim stopniu izolacji źródeł oraz generatorów kwarcowych o niskim poziomie szumów własnych i składowych niepożądanych. Autor testu korzystał z generatorów własnej konstrukcji, pracujących w paśmie 40 m w odstępach częstotliwości 2, 5 i 20 kHz. Uzyskany wynik 107,6 dB różnił się tylko o kilka dziesiątych dB od opublikowanego przez Sherwooda i był nieznacznie niższy od podanych w prospekcie 110 dB. Wynik +31,4 dBm przy odstępnie 5 kHz może też zadowolić wszystkich użytkowników.



Rys. 1.9. Widma sygnału nadawanego

### Przemiana wsteczna

Przemiana wsteczna, zwana również przemianą zwrotną (ang. *reciprocal mixing*) powoduje odbiór szumów własnej heterodyny (oscylatora lokalnego). Efekt ten występuje zwłaszcza przy odbiorze silnych sygnałów. Szумы są wówczas wyraźnie słyszalne w głośniku i mogą nawet zamaskować sygnał odbierany. Pomiar polega na dostrojeniu odbiornika do częstotliwości odległej od częstotliwości generatora pomiarowego o kilka kHz i stopniowemu podwyższaniu poziomu sygnału z generatora tak aby poziom sumaryczny szumów na wyjściu odbiornika był o 3 dB wyższy od jego szumów własnych. Generator pomiarowy musi charakteryzować się szczególnie niskim poziomem szumów własnych i wysokim poziomem sygnału wyjściowego. Autor testu korzystał z jednego z generatorów używanych do pomiaru IP3. Jego szумы własne miały poziom -158 dBm/Hz w odległości 2 kHz od nośnej. Kenwood podaje zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną (ang. *RMDR*) dla odstępnie 20 kHz jako 122 dB, w pomiarach Sherwooda uzyskano zakres 128 dB dla odstępnie 10 kHz, natomiast z pomiarów własnych otrzymano zbliżoną wartość 125 dB.

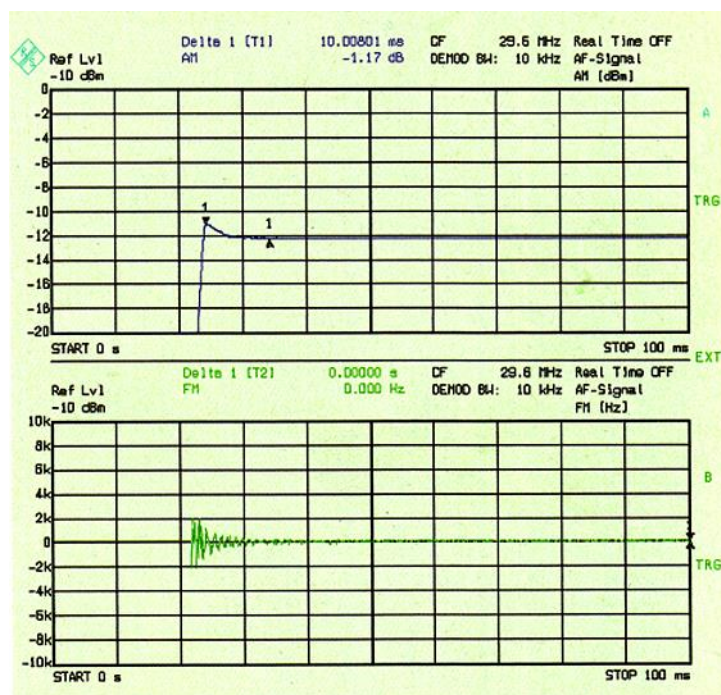
### Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem

Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem (ang. *BDR*) oznacza odporność odbiornika na wpływ silnych sygnałów pochodzenia lokalnego. Po przekroczeniu pewnego poziomu sygnały te powodują zablokowanie odbiornika skutkujące poważną lub całkowitą utratą jego czułości. Sytuacje takie w praktyce krótkofalarskiej mogą wystąpić m.in. w trakcie zawodów, w których pracuje znaczna liczba stacji. Dla zminimalizowania ich wpływu konieczna jest dobra filtracja sygnałów już na wejściu odbiornika np. za pomocą dobrych filtrów wstępnych p.cz. Kwarcowe filtry tego typu są przeważnie drogie, a na dodatek konieczny jest ich zestaw o różnych szerokościach pasma – dla poszczególnych rodzajów emisji. Z tych powodów stosowane są one przeważnie tylko w sprzęcie najwyższej klasy. Odbiornik

TS-890S jest wyposażony w cztery filtry wstępne o szerokościach pasma 15 kHz, 6 kHz, 2,7 kHz i 500 Hz. Dodatkowo dostępny jest filtr telegraficzny o szerokości pasma 270 Hz.

Pomiar zakresu ograniczonego blokowaniem wymaga użycia dwóch generatorów. Jeden z nich dostarcza słabego sygnału odpowiadającego użytecznemu, do którego odbiornik jest dostrojony. Drugi pracujący na częstotliwości różnej o 2, 5 lub 20 kHz dostarcza silnego sygnału zakłócającego. Podwyższenie jego poziomu powoduje w pewnym momencie sciszenie odbioru sygnału użytecznego, a więc „ogłuchnięcie” odbiornika. Poziom, przy którym różnica wynosi 1 dB przyjęto jako poziom blokowania odbiornika. Zakres dynamiki pomiędzy poziomem szumów własnych (maksymalną czułością – ang. *MDS*) a zmierzonym w ten sposób poziomem blokowania jest określany jako zakres dynamiki ograniczony blokowaniem (*BDR*).

Dokładny pomiar zakresu nie jest zawsze możliwy. Często ograniczeniem okazuje się wpływ przemiany zwrotnej lub inne efekty. Pomiar dla odstępów częstotliwości 5 i 20 kHz wykazały jedynie, że zakres ten przekracza 140 dB, jedynie dla odstępów 2 kHz możliwy był dokładny pomiar – 136 dB.



Rys. 1.10. Przebieg amplitudy i częstotliwości nadajnika po jego włączeniu przy mocy 5 W (FM; w powiększeniu)

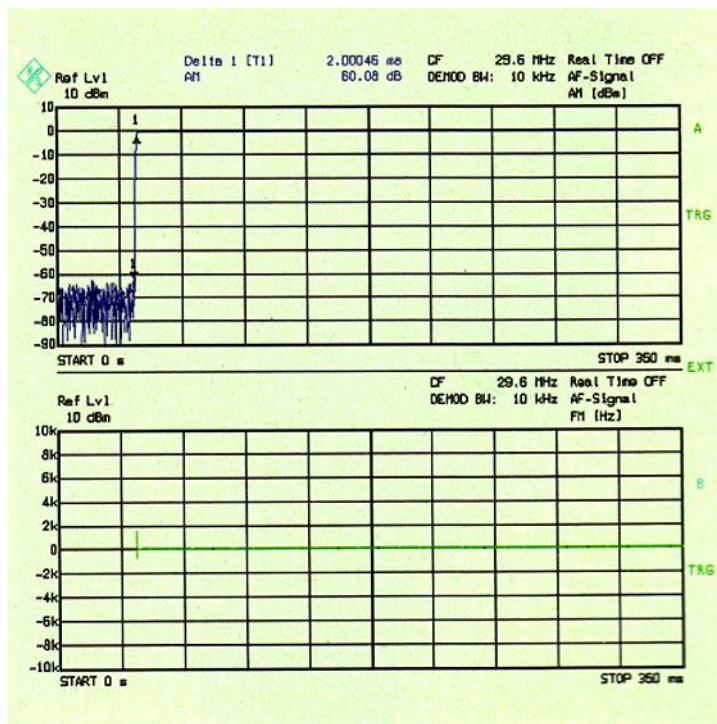
### Emisja FM

Zmierzony zakres dynamiki dla odbioru sygnałów FM przy możliwie niskim zaszumieniu wynosi 80,7 dB. Pomiar jest dosyć czasochłonny, ale jedynie jego staranne przeprowadzenie pozwala na zmierzenie zakresu liniowej zależności szumów na wyjściu m.cz. Dla TS-890S wynosi on 30 dB i nie jest dostatecznie szeroki aby umożliwić pomiar współczynnika kształtu charakterystyki przenoszenia dla poziomów 6 i 60 dB. Charakterystyka przenoszenia m.cz. jest typowa, a przy zmianie szerokości dewacji następuje automatycznie zmiana wzmocnienia o 6 dB zapewniająca utrzymanie jednakowej siły głosu. Przełączenie szerokości pasma m.cz. na węższą lub szerszą powoduje natomiast wyraźną zmianę przebiegu charakterystyki przenoszenia w zakresie dolnych częstotliwości.

### Podsumowanie części odbiorczej

Podane w prospekcie parametry odbiornika wprawiły autora w podziw. Symbioza toru analogowej przemiany z czterema filtry wstępnymi i cyfrowej obróbki sygnałów w dalszym ciągu toru odbiorczego zapewnia odbiornikowi TS-890S miejsce w absolutnej czołówce obecnie dostępnego sprzętu amatorskiego.

Oczywiście w specjalnie dobranych trudnych warunkach granicznych daje się zaobserwować różne niekorzystne zjawiska takie jak terkot przy przestrajaniu VFO przy odbiorze sygnału o poziomie +16 dBm. Jest on spowodowany najprawdopodobniej przestrajaniem filtra cyfrowego. Ogólnie rzecz biorąc dzięki udanej kombinacji torów analogowego i cyfrowego odbiornika zbliża się on wyraźnie do obecnej granicy możliwości sprzętu przeznaczonego dla krótkofalowców.



Rys. 1.11. Przebieg amplitudy i częstotliwości nadajnika po jego włączeniu przy mocy 100 W

## Nadajnik

Nadajnik TS-890S pracuje z mocą wyjściową 100 W. Przy zasilaniu radiostacji z zasilacza 13,8 V 20 A na stanowisku pomiarowym zmierzono moc dochodzącą do 100 W na wszystkich zakresach poza 70 MHz, gdzie moc wynosiła około 50 W. W pasmie 160 m autor zaobserwował spadek mocy do 80 W przy dłuższych relacjach. Jednak różnica 1 dB tylko w nielicznych przypadkach może okazać się decydująca dla skutecznego przeprowadzenia.

## Czystość widmowa

Widmo sygnału nadawanego jedynie w paśmie 12 m wykazuje dwa wierzchołki -66 dBc w odległości około 3 MHz od nośnej. W pozostałych pasmach tłumienie składowych niepożądanych wynosi co najmniej 73 dB.

## Tłumienie nośnej i niepożądanego wstęgi bocznej

Oczekiwania autora, że cyfrowa generacja sygnału SSB musi dać lepsze wyniki aniżeli zastosowanie mieszacza diodowego potwierdziły się w pełni. Pomiary przy użyciu analizatora widma wykazały tłumienie niepożądanych składowych wynoszące 95 dB w stosunku do wartości szczytowej sygnału.

## Dwutonowa modulacja nadajnika

Pomiaru liniowości toru nadawczego dokonano przy modulacji dwutonowej sygnałami 1075 Hz i 1500 Hz. Uzyskany wynik -34 dB tłumienia składowych intermodulacyjnych można wprawdzie uznać za bardzo dobry, ale nie dochodzi ono do podanych w prospekcie -40 dB. Podobny wynik uzyskał autor

dla starszego, analogowego modelu FT-767. Jego sygnał wyjściowy charakteryzował się jednak znaczną zawartością szumów własnych generatora sterującego.

### Efekty termiczne

Wiele modeli radiostacji silnie nagrzewa się w trakcie dłuższych relacji, a pracujący w tym czasie wentylator chłodzący wytwarza znaczny hałas. W TS-890S obudowa nagrzewa się równomiernie do temperatury ciała, a obydwa wentylatory pracują cicho i są ledwo słyszalne.

### Stabilność częstotliwości nadajnika

Częstotliwość nadajnika jest stabilizowana za pomocą generatora TCXO o stabilności  $0,1 \times 10^{-6}$ . Zmierzona w paśmie 14,3 MHz odchyłka częstotliwości wynosiła 0,3 Hz. Zasadniczo gniazdko wejściowe dla sygnału wzorcowego wydaje się być zbędnym, ale podłączony przez autora generator wzorcowy 10 MHz ze stanowiska pomiarowego spowodował redukcję odchyłki częstotliwości do zera.

### Jakość kluczenia

Przebieg sygnału kluczanego CW jest czysty, z przewyższeniem rzędu 0,1 dB i szybkim opadaniem. Również przy częstym przełączaniu nadawanie-odbiór i obserwacji widma na analizatorze z sumowaniem wartości maksymalnych w trakcie 2 minut nie zaobserwowano żadnych nieczystych przebiegów.

### Pomiary dla FM

Dla zmierzenia dewiacji, zniekształceń nieliniowych o ograniczenia dewiacji autor korzystał z sygnału modulującego 1 kHz i z różowego szumu. Właściwy poziom synerowania jest wskazywany za pomocą szybko reagującego niebiesko-czerwonego wskaźnika paskowego.

Dewiacja jest ograniczona do  $\pm 4,002$  kHz lub do  $\pm 2,001$  kHz dla modulacji wąskopasmowej.

Opierając się na powszechnie stosowanym ograniczeniu do 1/5 szerokości kanału, co odpowiadałoby 5 kHz dla kanału FM 25 kHz względnie 2,5 kHz dla kanału 12,5 kHz można wnioskować, że u podstawy założeń Kenwooda leżą kanały o szerokościach 20 lub 10 kHz. W planach zagospodarowania pasm dla 1 regionu IARU przewidziano w zakresie 10 m dopuszczalną szerokość pasma 6 kHz i w zakresie 6 m – 12 kHz. Dla pasma 10 m zalecane jest ograniczenie dewiacji do 2,5 kHz i pasma m.cz. również do tej wartości. Wygląda więc na to, że *Kenwood* dostosował się do zaleceń IARU dla pasma 10 m.

Pomiar przy modulacji szumem różowym (który zdaniem autora daje wyniki bardziej zbliżone do modulacji głosowej aniżeli modulacja pojedynczym sygnałem sinusoidalnym) szerokość kanału dla modulacji z szerszą dewiacją wynosi 11,8 kHz i spełnia wymagania dla zakresu 6 m. Szerokość pasma dla dewiacji wąskiej wynosi 7,8 kHz i przekracza wymagania dla pasma 10 m. Dalsze pomiary wykazały, że pasmo m.cz. nie jest przy wąskiej dewiacji ograniczone do 2,5 kHz, a dodatkowo stosowana jest preemfaza.

Przy modulacji tonem 1 kHz i pełnym wysterowaniu sygnał nadawany przez TS-890S posiadał 10% zniekształceń nieliniowych. Niestety wynik ten wypada niekorzystnie na tle pozostałych pomiarów parametrów radiostacji. Przyszłość pokaże czy któraś z przyszłych aktualizacji oprogramowania wewnętrznego przyniesie poprawę. Na razie autor radzi użytkownikom skorzystanie z dodatkowego filtra m.cz. w torze mikrofonu tłumiącego składowe powyżej 2,5 kHz przy pracy w paśmie 10 m.

Pomiar poziomu składowych niepożądanych w sąsiednich kanałach przy tak zniekształconym sygnale nadawanym nie ma zdaniem DL8ABE większego sensu.

### Kluczowanie nadajnika przy modulacji FM

Również przy pracy emisją FM kluczanym sygnał narasta i opada bez żadnych niekorzystnych efektów w rodzaju przewyższeń amplitudy albo transmisji poza kanałem pracy – przed ustabilizowaniem się częstotliwości nadawania. Czas włączania nadajnika wynosi w przybliżeniu 2 ms. Nieznaczne przewyższenie – około 1,2 dB – zaobserwowano jedynie przy mocy 5 W. W przypadku sterowania dodatkowego wzmacniacza mocą 5 W warto się upewnić czy takie przewyższenie nie jest dla niego szkodliwe.

## Podsumowanie

Pomimo tak obszernych możliwości regulacji parametrów radiostacji być może nie wszystkim da się dogodzić. Autor testu ocenia jednak pozytywnie concept obsługi TS-890S pozwalający na łatwą orientację w ustawieniach i funkcjach elementów (są one wykorzystywane tylko do jednego celu, a nie do kilku różnych jak w wielu innych modelach). Pole numeryczne mogłoby mieć jednak klawisz przecinka dziesiętnego. Przy korzystaniu z menu przydałaby się także funkcjonalność klawiszy „Enter” i „Esc”. Na plus można zapisać natomiast różnorodność ustawień dźwiękowych i ograniczenie mocy nadawania oddzielnie dla każdego z pasm.

Korzystanie z instrukcji obsługi jest w praktyce konieczne tylko w rzadkich przypadkach. Autor ocenia pozytywnie nie tylko odbiornik i jego bardzo dobre filtry ale również i czystość nadawanego sygnału. Głównym punktem krytyki jest wysoki stopień zniekształceń nieliniowych przy modulacji FM. Należy jednak przypuszczać, że TS-890S jest głównie używany do polowania na DX-y, a praca emisją FM ma dla użytkowników mniejsze znaczenie, a więc punkt ten nie należy do najważniejszych.

Autor nie przetestował wszystkich dostępnych funkcji, a zwłaszcza możliwości sieciowych radiostacji, nagrywania łączności, pracy emisjami cyfrowymi RTTY, PSK itp.

Wszyscy poszukujący nowoczesnej radiostacji przypominającej wyglądem i sposobem obsługi klasyczny sprzęt analogowy powinni zwrócić uwagę na TS-890S. Jest on też jak dotąd jedynym modelem Kenwooda wyposażonym w pasmo 70 MHz – przyp. tłum.

*Na podst. [1] i [2]*

## Literatura i adresy internetowe

[1] „Kenwood TS-890S am Messplatz (1). Performance-Horizont für Amateurfunk Geräte”, Marc Michalzik, DL8ABE, CQDL 4/2019, str. 16

[2] „Kenwood TS-890S am Messplatz (2). Blick auf den Sender”, Marc Michalzik, DL8ABE, CQDL 5/2019, str. 20

[3] [www.sherweng.com/table.html](http://www.sherweng.com/table.html)

## 2. Radiostacja KF, 6 i 4 m TS-890S

TS-890S odpowiada zasadniczo modelowi TS-990S, ale jest pozbawiony drugiego odbiornika, pre-selektora, drugiego wyświetlacza, wbudowanego zasilacza i zamiast mocy 200 W dysponuje standardowymi stoma watami. Poza tym różnice między obydwooma modelami są minimalne.



Fot. 2.1. Widok TS-890S od przodu



Fot. 2.2. Tylna ścianka

Najważniejszym udoskonaleniem jest podwyższona odporność odbiornika na przesterowania. Zakres dynamiki ograniczony modulacją skrośną trzeciego rzędu wynosi 110 dB przy odstępnie sygnałów 2 kHz, zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną – 114 dB, a ograniczony blokowaniem odbiornika – 150 dB. Wszystkie te parametry zostały zmierzone przy odstępnie sygnałów 2 kHz, paśmie przenoszenia 500 Hz na częstotliwości pracy 14,2 MHz. Wyraźnie zmniejszono również poziom szumów własnych oscylatora. Przy odstępnie 1 kHz od nośnej są one o 40 dB niższe niż w TS-990S, przy odstępnie 10 kHz – o 20 dB niższe, a przy odstępnie 100 kHz – o 13 dB niższe. Wartości te zależą od częstotliwości pracy i mogą się znacznie różnić dla poszczególnych pasm. Układ oscylatora zawiera generator odniesienia TCXO o bardzo niskim poziomie szumów własnych i VCO pracujący w zakresie gigaherców. W pierwszym mieszaczu zastosowano sprawdzony w TS-990S układ H, a dalej – 32-bitową cyfrową obróbkę sygnałów. TCXO charakteryzuje się w zakresie temperatur 0 – 50 °C stabilnością  $\pm 0,1 \times 10^{-6}$ .

Układ wyświetlania widma pracuje z 14-bitową przemianą analogowo-cyfrową na pierwszej częstotliwości pośredniej.

Dominujący na przedniej ścianie siedmioalowy kolorowy wyświetlacz ciekłokrystaliczny jest dobrze czytelny, co ułatwia pracę w trudnych warunkach. Kolor podświetlenia, jasność i krój pisma można dopasować do potrzeb i upodobań użytkownika. Pomimo dużej liczby elementów obsługi na płycie

czołowej tylko część najważniejszych funkcji jest dostępna bezpośrednio, a rzadziej używane funkcje są dostępne przez dobrze przemyślany system menu. Dzięki temu możliwe jest przeprowadzenie pierwszych łączności bez korzystania z instrukcji obsługi.

Opór tarcia gałki strojenia jest zmienny w pewnych granicach. Na przedniej i tylnej ścianie znajdują się gniazdka USB-A służące do podłączenia klawiatury lub pamięci USB. Pamięć ta służy do zapisu ustawień, plików dźwiękowych itp. i jest przydatna w aktualizacji oprogramowania. Klawiatura jest używana z kolei do pracy emisjami RTTY i PSK31 oraz do wprowadzania niektórych ustawień, a jej klawiszom funkcyjnym można przypisać wielorakie znaczenie.

Na tylnej ścianie znajdują się dwa gniazdka antenowe SO239 (UC-1). Gniazdko USB-B jest przeznaczone do podłączenia komputera PC służącego do zdalnego sterowania lub do wymiany większej ilości danych. Złącze szeregowo COM może być wykorzystane także do podłączenia modemu TNC dla packet-radio. Gniazdko ethernetowe pozwala na bezpośrednie połączenie radiostacji z Internetem lub na połączenie jej z komputerem. Przy bezpośrednim połączeniu z Internetem możliwe jest zdalne sterowanie radiostacji za pomocą systemu KNS (*Kenwood Network Command System*) bez użycia połączonego z nią serwera na PC. Dwa gniazda pomocnicze ACC są natomiast przeznaczone do współpracy z urządzeniami dodatkowymi, a oprócz tego istnieją jeszcze gniazdka do podłączenia zewnętrznego generatora wzorcowego 10 MHz i dodatkowego miernika siły odbioru.

Bogate wyposażenie w różnorodne funkcje wymaga starannie opracowanego systemu menu. Menu, otwierane za pomocą klawisza o tej samej nazwie zawiera 130 punktów podzielonych na 10 grup. Po prawej stronie ekranu wyświetlane są pasujące do wyboru przyciski programowalne udostępniające dodatkowe 52 funkcje. Klawisz F7 pozwala na założenie dwóch różnych profili konfiguracji, przykładowo do łączności DX-owych i lokalnych. Zmiana profilu zajmuje około 12 sekund. Możliwe jest też wykorzystanie dalszych profili zapisanych na zewnętrznym nośniku USB. Do nawigacji w menu oprócz przycisków programowalnych służą klawisze strzałek i gałka wielofunkcyjna na płycie czołowej.

Niektóre z funkcji są też dostępne bezpośrednio za pomocą klawiszy (po ich dłuższym naciśnięciu). Stosunkowo duża przednia ścianka ułatwia obsługę i znalezienie potrzebnych funkcji.

TS-890S pokrywa odbiorczo oficjalnie zakresy 130 kHz – 30 MHz, 50 – 54 i 70 – 70,5 MHz, ale w rzeczywistości zakres odbioru rozciąga się od 30 kHz do 74,8 MHz. Zakres nadawania ogranicza się do pasm amatorskich, przy czym moc w paśmie 4 m jest wynosi 50 W. Udostępnienie pasma 60 m wymaga przeprowadzenia drobnej modyfikacji. W zakresach 135,7 – 137,8 kHz i 472 – 479 kHz radiostacja dostarcza też sygnału o mocy 1 mW na gnieździe przeznaczonym dla transwertera.

Wskazania częstotliwości w przypadku stosowania transwertera można skorygować tak, aby odpowiadały rzeczywistej częstotliwości pracy. Znakomita odporność na przesterowania i niski poziom szumów własnych predystynują TS-890S do współpracy z transwerterami dla wyższych pasm amatorskich.

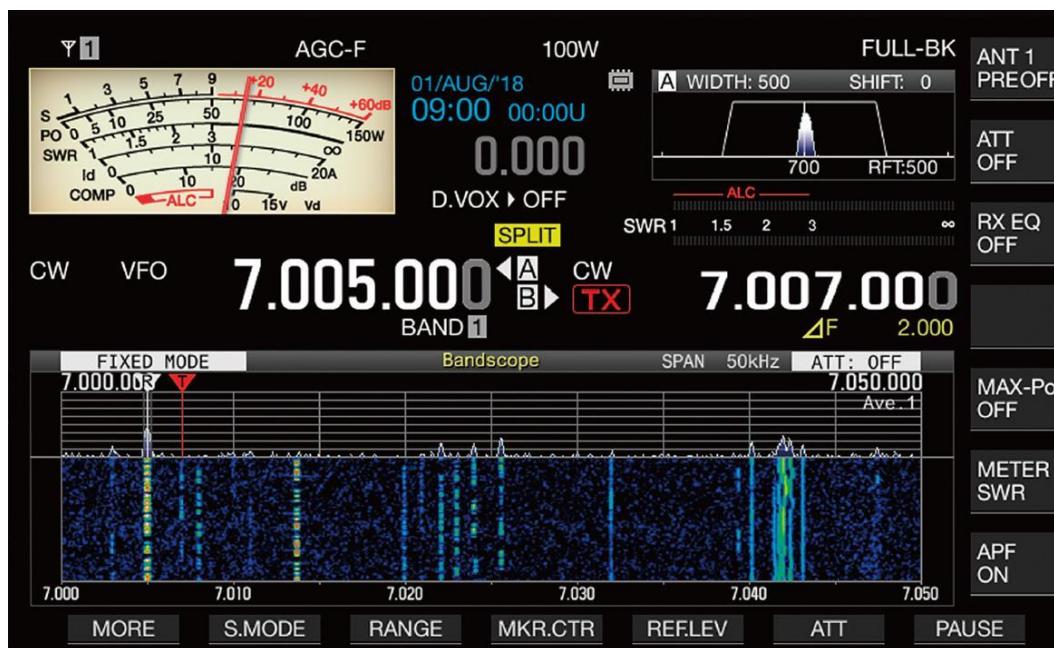
Szybkość przestrajania częstotliwości jest przełączana, przy czym najmniejszy krok wynosi 1 Hz. Odstrojenia względne RIT i XIT (+/- 9,99 kHz) są uwzględniane na wskaźniku częstotliwości. W każdym z pasm amatorskich użytkownik ma do dyspozycji pięć pamięci podręcznych ułatwiających szybkie przeskok w zależności od stosowanej emisji. Oczywiście możliwe – i nieraz szybsze – jest też bezpośrednio wpisywanie częstotliwości za pomocą klawiszy.

Na ekranie oprócz częstotliwości pracy, siły odbioru i innych parametrów wyświetlane są: wskaźnik charakterystyki przenoszenia, oscyloskopowy, wskaźnik wodospadowy widma (o przełączanej szybkości przepływu), okno zdekodowanych tekstów telegraficznych lub odebranych emisjami cyfrowymi RTTY albo PSK31/63. Liczba funkcji wywoływanych dotykowo na ekranie jest jednak ograniczona. Przydałaby się także możliwość podłączenia myszy.

Szerokość pasma wyświetlanego na wskaźniku wodospadowym jest regulowana w zakresie 5 – 500 kHz, ale jego dynamika jest niższa od dynamiki odbiornika. Dekoder telegrafii jest wrażliwy na zmiany szybkości nadawania, siły odbioru itp. i w praktyce nie daje zadowalających wyników.

Cyfrowa obróbka sygnałów odpowiada znanej z TS-990S: zawiera funkcje filtrów o regulowanej szerokości pasma (dla telegrafii także częstotliwości środkowej) i zmiennym nachyleniu zboczy, 18-kanałowy graficzny korektor barwy dźwięku (o trzech niezależnych ustawieniach dla modulacji SSB, AM i FM), filtr zaporowy strojony ręcznie i automatyczny, filtr pasmowozaporowy, eliminatory zakłóceń impulsowych i szumów (oddzielnie dla fonii i emisji cyfrowych) oraz wspólny cyfrowo-analogowy układ ARW o przełączanej stałej czasu.





Fot. 2.3. Wyświetlacz z widocznym wskaźnikiem wodospadowym

Elektroniczny klucz telegraficzny dysponuje zwykłymi możliwościami regulacji szybkości telegrafowania i czasu przełączania na odbiór oraz 16 pamięciami tekstów. Dla fonii do dyspozycji jest 6 pamięci komunikatów o sumarycznej długości nagrania stu sekund.

Dla emisji FM (w pasmach 28, 50 i 70 MHz) dostępne są standardowe tony CTCSS, analizator odbieranych tonów i ton 1750 Hz. Gniazdo ACC2 posiada wyprowadzenia do pracy emisjami cyfrowymi przy użyciu komputera. Autonomiczna praca emisjami RTTY i PSK31/63 wymaga jednak podłączenia klawiatury USB. Użytkownicy mają w tym przypadku do dyspozycji 8 pamięci tekstowych o pojemnościach po 70 znaków alfanumerycznych.

Prowadzone łączności mogą być też nagrywane w postaci plików o formacie WAV i długości do 9 godzin w pojedynczym pliku (w pamięci zewnętrznej USB do 18 godzin na plik). Wbudowana pamięć ma pojemność 1 GB. Odtwarzanie końcówki nagrania bywa bardzo pomocne w lepszym zrozumieniu znaku korespondenta i innych ważnych informacji.

Radiostacja jest wyposażona w 100 pamięci częstotliwości pracy, 10 pamięci dla pasma 60 m i w 10 pamięci granic przeszukiwanych zakresów. Do dyspozycji są typowe i dobrze znane tryby przeszukiwania pasm. Ważniejsze nagrania i konfigurację radiostacji warto dla bezpieczeństwa zapisać w zewnętrznej pamięci USB.

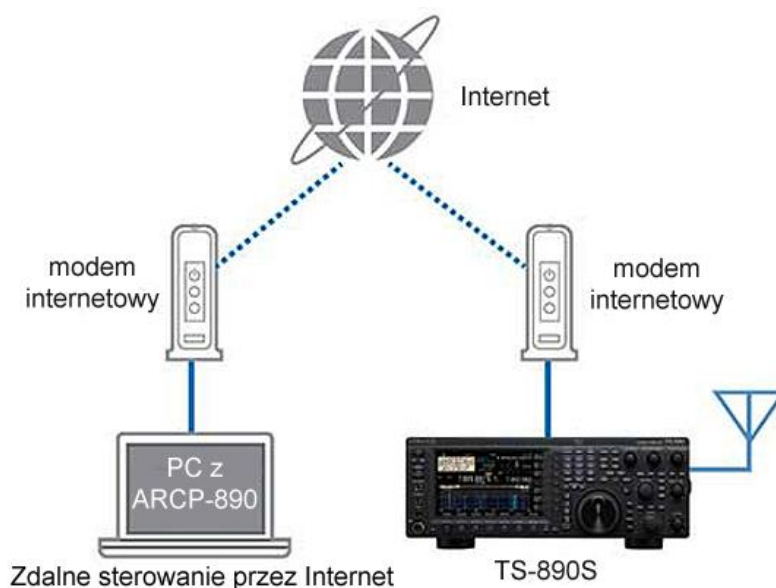
Dodatkowy monitor podłączany do gniazda DVI musi zapewniać rozdzielczość 800 x 600 albo 848 x 480 punktów, ale wyświetlane na nim dane nie zawierają nic więcej poza widocznymi na ekranie radiostacji.

W torze nadawczym zastosowano modulację cyfrową o wysokim stopniu liniowości (poziom składowych intermodulacyjnych jest niski podobnie jak w TS-990S – przykładowo -32 dBc w paśmie 20 m dla składowych 3 rzędu), a chłodzony dwoma wentylatorami stopień mocy oparty na modułach MOSFET RD100HHF1 może pracować z pełną mocą bez ograniczeń czasowych. Moc nadawania można ograniczyć oddzielnie dla każdego z pasm i jej rzeczywista wartość jest wskazywana na wyświetlaczu. Maksymalna moc nadajnika wynosi w pasmach KF i 6 m 100 W, a w paśmie 4 m – 50 W. Nadajnik jest wyposażony w procesor (kompresor) dźwięku o przełączanym stopniu kompresji i układ automatycznego kluczowania (VOX). Poziom szumów własnych nadajnika w paśmie 20 m przy odstępnie 5 kHz wynosi -117 dBc/Hz, a w paśmie 6 m – nawet -120 dBc/Hz.

Wbudowana automatyczna skrzynka antenowa zapewnia w zakresie 1,8 – 70 MHz dopasowanie impedancji 16,7 – 150 omów (co odpowiada maksymalnemu WFS 3:1), pracuje szybko i cicho, ale przewidziano także możliwość sterowania zewnętrznym obwodem dopasowującym.

Odbiornik charakteryzuje się dobrą czułością i niskim poziomem szumów własnych. Minimalny sygnał rozpoznawalny w paśmie 20 m przy szerokości pasma SSB 2 kHz wynosi -124,3 dBm bez włączonego

przedwzmacniacza, -133,9 dBm z przedwzmacniaczem 1 i -137,2 dBm z przedwzmacniaczem 2. Poziom szumów własnych odbiornika ograniczający czułość wskutek przemiany zwrotnej jest w odległości 200 kHz najniższy z dotychczas dostępnych urządzeń amatorskich. W paśmie 10 MHz przy szerokości pasma CW ogranicza on czułość na poziomie -130,7 dBm (bez włączonego przedwzmacniacza). W odległości 2 kHz poziom szumów własnych jest o 9 dB niższy niż w IC-7610. Przy napięciu zasilania 13,8 V pobór prądu w trakcie nadawania nie przekracza 22,5 A, a w trakcie odbioru – 2,5 A. Radiostacja ma wymiary 396 x 141 x 340 mm i masę 16 kg. Dodatkim punktem TS-890S jest rzadko dostępne w sprzęcie fabrycznym pasmo 4 m. Wśród opinii publikowanych w Internecie przeważają głosy pozytywne, a nawet – zachwyty, ale krytykowane są też zacinanie się czasami wskaźnika wodospadowego oraz brak drugiego odbiornika. Do akcesoriów dodatkowych należą m.in. zewnętrzny głośnik z filtrem m.cz., wstępny filtr telegraficzny (ang. *roofing filter*) 270 Hz typu YG-82CN-1, zasilacz PS-60 (13 V/22,5 A), mikrofon ręczny MC-43S, mikrofon stołowy zwykły MC-60A i z dodatkową cyfrową obróbką sygnałów MC-90. Producent udostępnia również bezpłatne oprogramowanie ARCP-890 służące do komputerowego sterowania TS-890S lokalnie i przez Internet.



Rys. 2.3

#### Literatura i adresy internetowe

[1] „Kenwood TS-890S: mit 4 m und extrem großsignalfest” Berndt Petermann, DJ1TO, Christian Reimesch, DL2KCK, Funkamateurl 11/2018, str. 1020 i 12/2018, str. 1120

### 3. Radiostacja Flex-6400M na KF i 6 m

FLEX-6400M jest uzupełnieniem dotychczasowej serii radiostacji programowalnych firmy FlexRadio. Pracuje ona autonomicznie bez konieczności korzystania z komputera i posiada płytę czołową w tradycyjnym stylu – Maestro. Możliwe jest także sterowanie jej przez komputer lokalnie albo przez sieć za pomocą programu SmartSDR dla Windows i iOS.



Fot. 3.1

FLEX-6400M jest stuwatową radiostacją krótkofalową pokrywającą pasma od 160 m do 6 m. Jest ona przeznaczona do pracy emisjami SSB, CW, AM i FM. W odróżnieniu od wielu poprzednich modeli tej firmy może pracować autonomicznie bez konieczności połączenia z komputerem. Do jej obsługi służy klasycznie wyglądająca płyta czołowa Maestro. Model 6400 zastąpił 6300 jako model klasy popularnej, a modelem klasy średniej jest obecnie FLEX-6600 w miejsce 6500. Modelem najwyższej klasy pozostaje dalej FLEX-6700. Modele 6400 i 6600 są dostępne w dwóch wariantach, przy czym litera M w ich nazwach oznacza wyposażenie w płytę czołową Maestro zastępującą obsługę przez komputer. Do sterowania komputerowego można stosować PC z systemem Windows albo iPada lub iPhone'a z systemem iOS. Program sterujący w obu przypadkach nosi nazwę *SmartSDR*.

Płyta czołowa Maestro, zapewniająca ta samą funkcjonalność jak program, może być umieszczona oddzielnie i połączona z radiostacją za pomocą wbudowanego łącza radiowego, kablem ethernetowym albo przez Internet. Do akcesoriów dodatkowych należą automatyczny obwód dostrajania anteny i generator wzorcowy 10 MHz stabilizowany sygnałem GPS.

W torze odbiorczym pokrywającym zakres 0,03 – 55 MHz zastosowano bezpośrednią przemianę analogowo-cyfrową na 16-bitowym przetworniku a/c z częstotliwością próbkowania 122,88 MHz. Jak wskazują parametry podane w tabeli 1 FLEX-6400M kwalifikuje się do najlepszych obecnie konstrukcji radiostacji.

Możliwe jest wyselekcjonowanie z całkowitego strumienia danych dwóch przeznaczonych do dekodowania wycinkowych strumieni danych. Mogą to być dowolne wycinki, ale muszą pochodzić z tego samego wejścia antenowego. Model wyższej klasy Flex-6600 może równolegle dekodować cztery strumienie wycinkowe pochodzące z dwóch wejść antenowych. Otrzymuje się dzięki temu dwa całkowicie niezależne odbiorniki.

#### Połączenia ze światem zewnętrznym

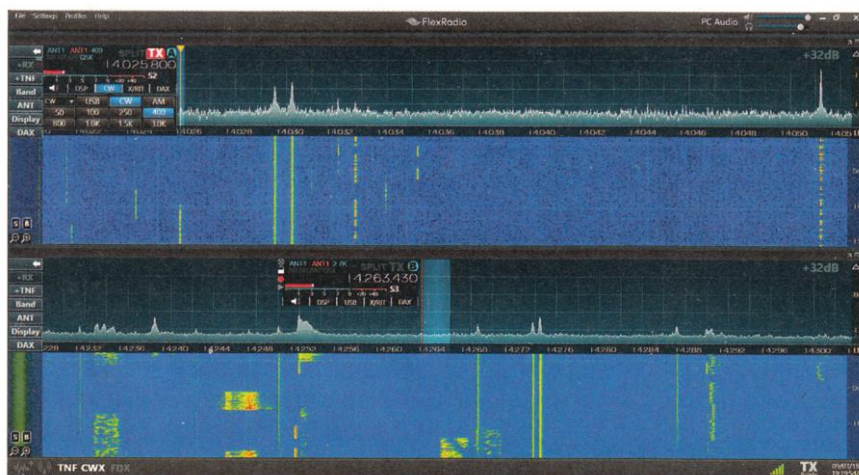
Do połączenia z komputerem służy ethernetowe złącze CAT6. Połączenie to nie jest wprawdzie konieczne do obsługi radiostacji, ale wymieniane przez nie są dane dla programu prowadzącego dziennik stacji albo sygnały dźwiękowe emisji cyfrowych przeznaczone dla odpowiednich programów komunikacyjnych. Może być to: połączenie bezpośrednie, przez lokalną sieć LAN albo zdalne przez Internet. Do połączenia bezpośredniego należy stosować 8-żyłowy kabel CAT6. Dobre rezultaty dało także połączenie radiostacji takim samym kablem z modelem internetowym nawet trochę starszego typu.

Złącza USB 6400M mogą służyć do komunikacji z urządzeniami dodatkowymi w rodzaju wzmacniacza mocy czy automatycznego przełącznika anten.

*SmartSDR* posiada trzy główne grupy funkcji dostępne na pulpicie komputera za pomocą oddzielnych symboli. DAX oznaczający „digital audio exchange” zapewnia wymianę strumieni dźwiękowych z komputerem w przypadku zdalnego dostępu albo prowadzenia łączności cyfrowych. CAT służy do współpracy z programami prowadzącymi dziennik stacji lub innymi niezależnymi od *SmartSDR*.

Sam *SmartSDR* pozwala na pełne sterowanie radiostacją za pomocą komputera lokalnie lub zdalnie przez sieć. Funkcje dwóch pozostałych modułów stoją oczywiście także do dyspozycji. Płyta czołowa pozostaje w tym czasie nieczynna.

*SmartSDR* wyświetla wskaźniki panoramiczne i wodospadowe pozwalając na korzystanie ze wszystkich funkcji radiostacji, z tą jedynie różnicą, że nie za pomocą ekranu dotykowego, a komputerowej myszy i klawiatury. Zdalne sterowanie za pomocą *SmartSDR* wymaga założenia konta na witrynie producenta. Zabezpiecza to przed dostępem do sprzętu ze strony niepożądanych osób. W cenie radiostacji jest zawarta licencja na korzystanie z pojedynczej kopii *SmartSDR*. Jest ona związana z konkretnym egzemplarzem i w razie jego sprzedaży przechodzi na nabywcę. Licencja uprawnia do korzystania z drobnych aktualizacji programu, ale całkiem nowe wersje wymagają jej ponownego zakupu. Aktualizacja u autora testu wymagała kilku startów komputera i trwała dosyć długo, ale nie skasowała dotychczasowych ustawień.



Fot. 3.2. Okno programu SmartSDR na lokalnie podłączonym komputerze. Menu konfiguracyjne są zamknięte. Na wyświetlaczu widoczne sygnały CW i SSB w paśmie 20 m

### Praca w eterze

Początkowe uruchomienie radiostacji okazało się stosunkowo proste, ale dobre wykorzystanie jej możliwości wymagało jednak lektury instrukcji. Ich zakres jest tak obszerny, że można oczekiwać znalezienia wszystkich funkcji znanych z innych modeli sprzętu.

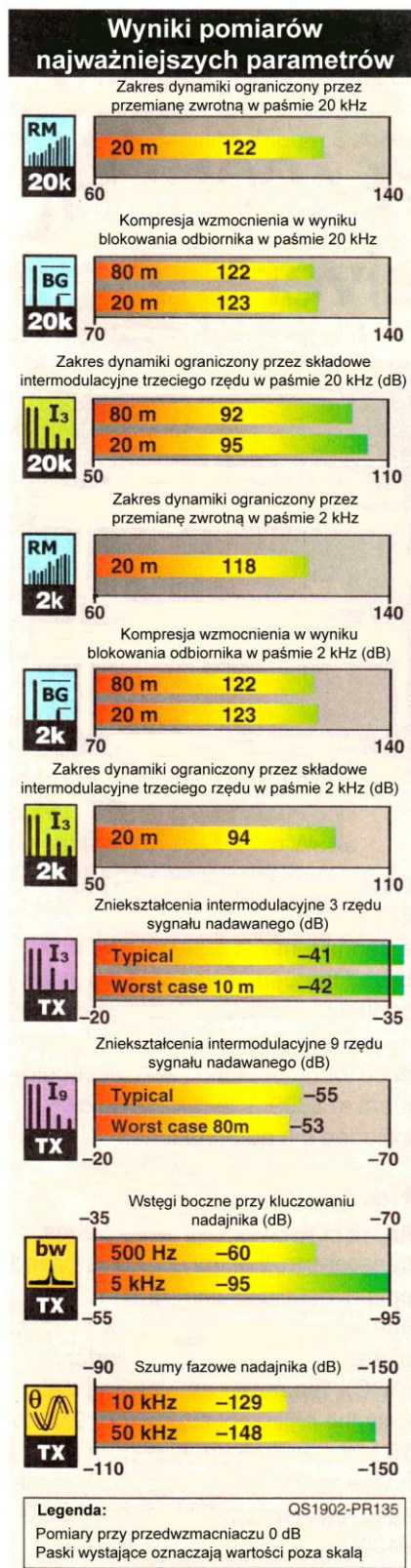
Panel czołowy zawiera nieduży, promieniujący do przodu głośniczek, dlatego też siła głosu jest stosunkowo niska. Do tylnego gniazda stereofonicznego można podłączyć głośniki komputerowe. Na płycie czołowej nie ma żadnych gniazdek, co w niektórych przypadkach może być pewnym utrudnieniem.

W pamięciach kanałowych oprócz częstotliwości zapisywany jest również rodzaj emisji, ustawienia filtrów, parametry specjalne w rodzaju ostępu częstotliwości dla pracy przez przemienniki i tonów CTCSS. Do ich wpisywania lub kasowania służą odpowiednie punkty z głównego menu.

Wyświetlacz widma pozwala nie tylko na obserwację podzakresu wokół częstotliwości pracy, ale może także pokazywać zakresy pokrywane przez oba odbiorniki. Szerokość wyświetlanego pasma leży pomiędzy 6 kHz i 7 MHz i jest regulowana nie tylko za pomocą przycisków + i – na ekranie, ale również przez rozciąganie i zawężanie palcami.

Obraz na ekranie jest wyraźny i ostry, a jego rozdzielczość jest wystarczająca nawet do użycia dużych monitorów podłączanych przez złącze HDMI. Na ekranie wyświetlane są dwa wskaźniki paskowe (dla VFO A i VFO B) wskazujące domyślnie moc nadawania i siłę odbieranego sygnału, ale do wyboru są i inne parametry.

Wbudowany automatyczny obwód dostrojenia anteny jest w stanie zapewnić dopasowanie nie tylko dla WFS równego 3, ale i powyżej tej granicy. W czasie strojenia anteny nadajnik pracuje z mocą ograniczoną do 10 W, jednak przy pełnej mocy duże niedopasowanie grozi uszkodzeniem wzmacniacza mocy.



### Jakość głosu

Raporty korespondentów potwierdziły dobrą jakość modulacji dla emisji SSB i AM, jednak autorowi nie udało się przeprowadzić łączności FM w paśmie 6 m. W standardowym wyposażeniu znajduje się mikrofon elektretowy FHM-2 włączany do 3,5 mm gniazdka na tylnej ścianie. Gniazdko to zapewnia także zasilanie mikrofonu – zależnie od ustawienia w konfiguracji. Również przy użyciu mikrofonu dynamicznego klasy profesjonalnej i stołowego mikrofonu elektretowego raporty informowały o dobrej jakości dźwięku. Do pracy emisją FM przez przemienniki w pasmach 6 i 10 m można ustawić nie tylko wymagany odstęp częstotliwości, ale i ton CTCSS.

Szerokość pasma dla emisji SSB jest regulowana w zakresie 1600 – 4000 Hz. Charakterystyki przenoszenia nadajnika i odbiornika są ustawiane oddzielnie za pomocą dwóch korektorów graficznych. Dla ośmiu częstotliwości środkowych podzakresów między 63 Hz i 8 kHz charakterystyka jest regulowana w zakresie +/- 10 dB.

Dla modulacji AM charakterystyka przenoszenia odbiornika jest korygowana ośmiostopniowo w zakresie 5,6 – 20 kHz. Odbiornik jest wyposażony także w detektor synchroniczny dający poprawę jakości odbioru w czasie zaników.

Automatyczne kluczkowanie nadajnika (VOX) i zabezpieczenie anti-VOX pracują perfekcyjnie. Parametry automatyki są dobierane z menu nadawania („TX menu”). Przy pracy z odstępem częstotliwości na falach krótkich można korzystać z odbioru dwukanałowego, a stopień separacji obu kanałów dźwiękowych jest regulowany suwakiem na ekranie. Dźwięk nadawany i odtwarzany można nagrywać i odsłuchiwać później. Przy nadawaniu możliwe jest również nagrywanie modulacji bez rzeczywistego wyjścia w eter w celu sprawdzenia jakości sygnału. Można także wykorzystywać komunikaty nagrane w innych programach (N1MM Logger+ itp.).

### Telegrafia

W trakcie pracy telegraficznej możliwy jest podsłuch między znakami (QSK) z regulowanym opóźnieniem przełączania na odbiór albo podsłuch między słowami. Do 3,5 mm gniazdka można podłączyć klucz boczny, sztorcowy albo automatyczne urządzenie kluczkujące. Drugi klucz lub wyjście z komputera są podłączane równolegle do gniazdka urządzeń dodatkowych. Wbudowany klucz elektroniczny pracuje w trybach *iambic A* i *B* z szybkościami telegrafowania 5 – 100 słów/min. *SmartSDR*

pozwała na korzystanie z przygotowanych komunikatów telegraficznych. Szerokości pasma przenoszenia dla telegrafii są regulowane niezależnie dla obu odbiorników w zakresie 50 – 3000 Hz. Oprócz tego nastawiana jest częstotliwość środkowa filtru.

### Emisje cyfrowe

Przy użyciu programu DAX emisje cyfrowe i cyfrowy dźwięk w systemie FREE-DV nie wymagają dalszych połączeń między komputerem i radiostacją poza kablem ethernetowym. Możliwe jest oczywiście korzystanie z wejścia mikrofonowego i z wyjścia głośnikowego za pomocą dodatkowych kabli, ale jest to bardziej kłopotliwe. Brak jest natomiast możliwości bezpośredniego kluczowania częstotliwości (FSK) dla RTTY, ale kluczowanie podnośnej akustycznej (AFSK) daje dobre rezultaty. Regulacje szerokości pasma p.cz. i m.cz. pozwalają na dopasowanie się do rodzaju sygnałów cyfrowych.

### Cyfrowy eliminator szumów

Zamiast gałki regulacji wzmocnienia w.cz. FLEX-6400M dysponuje gałką regulacji progu działania ARW (*AGCT*). Ustawienie progu nieco powyżej poziomu szumów pozwala na dobry odbiór słabych sygnałów, a jednocześnie dla sygnałów silniejszych następuje osłabienie towarzyszących im szumów. Przelęcane są także stałe czasu narastania i opadania ARW. Próg automatyki należy ustawiać ponownie po zmianie pasma lub poziomu odbieranych szumów.

FLEX-6400M jest wyposażony w dwa różne eliminatory szumów. Eliminator szerokopasmowy (*WNB*) jest przewidziany do eliminacji szumów o charakterze impulsowym i wpływa na wszystkie sygnały widoczne na wskaźniku panoramicznym. Dodatkowe eliminatory (*NB*) oddziałują na każdy z odbiorników z osobna. W efekcie ich pracy dochodzi do obniżenia poziomu białego szumu tła. W wyniku zmian ich ustawienia można osiągnąć punkt o najkorzystniejszym stosunku sygnału do szumów, w którym nie występują jeszcze zniekształcenia sygnału użytecznego. Automatyczny filtr zaporowy jest stosowany przy odbiorze transmisji słownych. W trakcie pracy telegraficznej pracuje on jako automatyczny wąskopasmowy filtr podbijający charakterystykę. Naciśnięcie na wskaźniku panoramicznym lub wodospadowym okolicy sygnału zakłócającego powoduje włączenie automatycznego zaporowego fitru śledzącego pozostającego na częstotliwości zakłóceń nawet w trakcie przestrajania odbiornika. Dodatkowe filtry śledzące można poszczuć na dalsze sygnały zakłócające.

### 6400M w praktyce

Ośmiocalowy ekran o rozdzielczości 1920 x 1200 punktów okazał się bardzo przydatny, zwłaszcza jako wskaźnik panoramiczny. Elementy regulacyjne są łatwe do osiągnięcia i użycia. Możliwe jest również podłączenie dużego monitora lub telewizora poprzez złącze HDMI. Koncentryczne gałki na płycie czołowej obracają się tak łatwo, że można omyłkowo poruszyć i sąsiadującą oprócz pożądaną. Gałki strojenia są łatwe w użyciu i dobrze wyważone. Szybkość przestrajania jest zmieniana za pomocą przycisku oddzielnie dla każdego odbiornika wirtualnego. Krótkie przyciśnięcie powoduje przyspieszenie przestrajania, a dłuższe – jego zwolnienie. Podłączone dodatkowo głośniki komputerowe dobrze sprawdzały się przy odbiorze, ale w trakcie nadawania słyszalne były silne szумы spowodowane najprawdopodobniej wpływem nadawanej energii w.cz. Oczywiście jest to sprawa niezależna od radiostacji. Na rynku dostępne są także głośniki komputerowe odporne na zakłócenia w.cz. Innym sposobem jest przewinięcie przewodów prowadzących do głośników przez rdzeń pierścieniowy i utworzenie w ten sposób dławika przeciwzakłóceniewego.

Autor testu korzystał również z dodatkowego wzmacniacza o mocy wyjściowej 500 W połączonego z radiostacją (dla przelęczenia na nadawanie) przez gniazdko TX1. Wzmacniacz wymagał tylko 20 – 30 W mocy sterującej. 6400M zapamiętuje ustawioną wartość mocy oddzielnie dla każdego pasma, co zmniejsza niebezpieczeństwo uszkodzenia podłączonego wzmacniacza lub transwertera. Zmiana pasma powoduje także powrót do ostanio używanej w nim emisji, częstotliwości pracy i szerokości pasma przenoszenia.

## Zdalna obsługa

Radiostacje firmy FlexRadio są od razu przystosowane do zdalnej obsługi. Panel lokalny staje się wprawdzie zbędny w takiej sytuacji, ale w niczym nie przeszkadza. Ułatwia to szybki powrót do lokalnej obsługi. Użytkownicy nastawieni głównie na zdalną obsługę mogą nabyć wersję podstawową bez niego, albo wykorzystywać zdalnie panel Maestro zamiast PC. Nawet przy znacznym obciążeniu łącza internetowego autor testu nie zauważył zakłóceń w korzystaniu z radiostacji w ten sposób.

## Uwagi końcowe

Radiostacja jest sprzedawana bez drukowanej instrukcji obsługi, ale jej dwie wersje są dostępne w internetowej witrynie producenta. Jedna z nich dotyczy samej radiostacji, a druga – programu sterującego *SmartSDR*. Warto zapoznać się z nią także w przypadku korzystania z radiostacji lokalnie.

Internetowa pomoc ze strony producenta jest wprawdzie stale dostępna, ale utworzyły się już fora użytkowników, w których można znaleźć odpowiedzi na wiele pytań i wątpliwości.

FLEX-6400M dobrze sprawdza się zarówno przy pracy w domu jak i przy zdalnym dostępie. Posiada ona wszystkie dodatnie strony urządzenia programowalnego w czarnej skrzynce i dodatkowo dysponuje dobrze wyposażonym panelem obsługi. Parametry odbiornika są bardzo dobre. Czułość przy odbiorze FM w paśmie 6 m można uznać za dobrą. Parametry nadajnika znacznie przekraczają wymogi stawiane przez FCC, jedynym wyjątkiem były składowe niepożądane w paśmie 6 m, ale zostało to już skorygowane przez producenta. Zniekształcenia nieliniowe sygnału nadawanego charakteryzują się niskim poziomem składowych trzeciego rzędu, natomiast zawartość składowych siódmego i dziewiątego rzędu można uznać za średnią. Charakterystyka kluczowania telegraficznego jest również bardzo dobra – z niskim poziomem wstęp bocznych. Niski jest również poziom szumów fazowych w sygnale nadawanym. W stanie wyłączonym radiostacja pobiera 25 mA, co trzeba wziąć pod uwagę przy zasilaniu akumulatorowym.

Tabela 3.1

Pomiary radiostacji FlexRadio Systems 6400M o numerze seryjnym 1618-2097-6401-2120 i wersji oprogramowania v2.3.9

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres częstotliwości: odbiór 0,03 – 54 MHz; nadawanie: wyłącznie pasma amatorskie 160 – 6 m	Odbiór 0,03 – 55 MHz, nadawanie: pasma amatorskie 160 – 6m, z kanałami w paśmie 60 m wyłącznie
Pobór prądu: nadawanie 23 A (maks.), odbiór 1,7 A (typ.) przy napięciu zasilania 13,8 V +/-15%	Przy zasilaniu 13,8 V 22 A przy nadawaniu typ., 12 A przy modulacji AM dla maksymalnej mocy wyjściowej; 6 A przy minimalnej mocy wyjściowej; przy odbiorze 2,16 A przy maks. podświetleniu ekranu, 2,10 A przy minimalnej jasności ekranu. W stanie wyłączonym pobór 25 mA
Emisje: SSB, CW, FM, AM, RTTY, cyfrowe	Zgodnie z danymi producenta
<b>Odbiornik</b>	<b>Dynamiczne badania odbiornika</b>
Czułość dla SSB/CW: nie podana	Poziom szumów (odpowiadający <i>MDS</i> ), pasmo 400 Hz, próg ARW ( <i>AGCT</i> ) = 60: Przedwzm.    0    +16    +32 dB (dBm)    (dBm)    (dBm) 0,137 MHz    -115    -104    -98 0,475 MHz    -117    -113    -115 1,0 MHz        -115    -130    -127 3,5 MHz        -113    -127    -138 14 MHz         -114    -129    -138 50 MHz         -115    -131    -138

Współczynnik szumów: nie podany	Przedwzmacniacz 0/16/32 dB: 14 MHz, 33/18/9 dB; 50 MHz, 31/16/9 dB																																																													
Czułość AM: nie podana	<p>Odstęp sygnał/szum 10 dB, modulacja 30%, 1 kHz:</p> <table border="1"> <tr> <td>Przedwzm.</td> <td>0.</td> <td>+16</td> <td>+32 dB</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(<math>\mu</math>V)</td> <td>(<math>\mu</math>V)</td> <td>(<math>\mu</math>V)</td> </tr> <tr> <td>1,0 MHz</td> <td>10,0</td> <td>2,63</td> <td>3,39</td> </tr> <tr> <td>3,88 MHz</td> <td>18,0</td> <td>3,46</td> <td>2,11</td> </tr> <tr> <td>29,0 MHz</td> <td>21,9</td> <td>3,16</td> <td>0,59</td> </tr> <tr> <td>50,4 MHz</td> <td>14,8</td> <td>2,21</td> <td>0,81</td> </tr> </table>	Przedwzm.	0.	+16	+32 dB		( $\mu$ V)	( $\mu$ V)	( $\mu$ V)	1,0 MHz	10,0	2,63	3,39	3,88 MHz	18,0	3,46	2,11	29,0 MHz	21,9	3,16	0,59	50,4 MHz	14,8	2,21	0,81																																					
Przedwzm.	0.	+16	+32 dB																																																											
	( $\mu$ V)	( $\mu$ V)	( $\mu$ V)																																																											
1,0 MHz	10,0	2,63	3,39																																																											
3,88 MHz	18,0	3,46	2,11																																																											
29,0 MHz	21,9	3,16	0,59																																																											
50,4 MHz	14,8	2,21	0,81																																																											
Czułość FM: nie podana	<p>Odstęp 12 dB SINAD, pasmo 15 kHz, dewiacja 3 kHz:</p> <table border="1"> <tr> <td>Przedwzm.</td> <td>0</td> <td>+16</td> <td>+32 dB</td> </tr> <tr> <td></td> <td>(<math>\mu</math>V)</td> <td>(<math>\mu</math>V)</td> <td>(<math>\mu</math>V)</td> </tr> <tr> <td>29 MHz</td> <td>21,9</td> <td>3,16</td> <td>0,59</td> </tr> <tr> <td>52 MHz</td> <td>0,59</td> <td>0,26</td> <td>0,20</td> </tr> </table>	Przedwzm.	0	+16	+32 dB		( $\mu$ V)	( $\mu$ V)	( $\mu$ V)	29 MHz	21,9	3,16	0,59	52 MHz	0,59	0,26	0,20																																													
Przedwzm.	0	+16	+32 dB																																																											
	( $\mu$ V)	( $\mu$ V)	( $\mu$ V)																																																											
29 MHz	21,9	3,16	0,59																																																											
52 MHz	0,59	0,26	0,20																																																											
Czułość widmowa: nie podana	<p>Wskaźnik panoramiczny, przedwzmacniacz 0/16/32 dB  14 MHz, -127/-141/-149 dBm  50 MHz, -123/-139/-147 dBm  Wskaźnik wodospadowy, przedwzmacn. 0/16/32 dB  14 MHz, -130/-144/-154 dBm  50 MHz, -126/-142/-151 dBm</p>																																																													
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem: nie podany	<p>Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem, pasmo 400 Hz:</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>odstęp 20 kHz</td> <td>odstęp 5/2 kHz</td> </tr> <tr> <td></td> <td>przedwzm. 0/16/32</td> <td>przedwzm. 0 dB</td> </tr> <tr> <td>3,5 MHz</td> <td>122/120/110 dB</td> <td>122/122 dB</td> </tr> <tr> <td>14 MHz</td> <td>123/122/115 dB</td> <td>123/123 dB</td> </tr> <tr> <td>50 MHz</td> <td>121/123/118 dB</td> <td>121/121 dB</td> </tr> </table>		odstęp 20 kHz	odstęp 5/2 kHz		przedwzm. 0/16/32	przedwzm. 0 dB	3,5 MHz	122/120/110 dB	122/122 dB	14 MHz	123/122/115 dB	123/123 dB	50 MHz	121/123/118 dB	121/121 dB																																														
	odstęp 20 kHz	odstęp 5/2 kHz																																																												
	przedwzm. 0/16/32	przedwzm. 0 dB																																																												
3,5 MHz	122/120/110 dB	122/122 dB																																																												
14 MHz	123/122/115 dB	123/123 dB																																																												
50 MHz	121/123/118 dB	121/121 dB																																																												
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną: 115 dB na 2 kHz	14 MHz, odstęp 20/5/2 kHz: 122/120/118 dB																																																													
<p>Zakres dynamiki dwutonowy trzeciego rzędu (pasmo 400 Hz, próg ARW (AGCT) = 60</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Pasmo/przedwzm.</th> <th>odstęp</th> <th>zmierzony poziom składowych intermod.</th> <th>zmierzony poziom wejściowy</th> <th>zakres dynamiki</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">3,5 MHz/0</td> <td rowspan="2">20 kHz</td> <td>-113 dBm</td> <td>-21 dBm</td> <td rowspan="2">92 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-8 dBm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">14 MHz/0</td> <td rowspan="2">20 kHz</td> <td>-114 dBm</td> <td>-19 dBm</td> <td rowspan="2">95 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-6 dBm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">14 MHz/+16</td> <td rowspan="2">20 kHz</td> <td>-129 dBm</td> <td>-33 dBm</td> <td rowspan="2">96 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-15 dBm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">14 MHz/+32</td> <td rowspan="2">20 kHz</td> <td>-138 dBm</td> <td>-44 dBm</td> <td rowspan="2">94 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-29 dBm*</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">14 MHz/0</td> <td rowspan="2">5 kHz</td> <td>-114 dBm</td> <td>-19 dBm</td> <td rowspan="2">95 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-6 dBm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">14 MHz/0</td> <td rowspan="2">2 kHz</td> <td>-114 dBm</td> <td>-19 dBm</td> <td rowspan="2">94 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-6 dBm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">50 MHz/0</td> <td rowspan="2">20 kHz</td> <td>-115 dBm</td> <td>-20 dBm</td> <td rowspan="2">95 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-10 dBm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">50 MHz/+32</td> <td rowspan="2">20 kHz</td> <td>-138 dBm</td> <td>-42 dBm</td> <td rowspan="2">96 dB</td> </tr> <tr> <td>-97 dBm</td> <td>-15 dBm</td> </tr> </tbody> </table>		Pasmo/przedwzm.	odstęp	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki	3,5 MHz/0	20 kHz	-113 dBm	-21 dBm	92 dB	-97 dBm	-8 dBm	14 MHz/0	20 kHz	-114 dBm	-19 dBm	95 dB	-97 dBm	-6 dBm	14 MHz/+16	20 kHz	-129 dBm	-33 dBm	96 dB	-97 dBm	-15 dBm	14 MHz/+32	20 kHz	-138 dBm	-44 dBm	94 dB	-97 dBm	-29 dBm*	14 MHz/0	5 kHz	-114 dBm	-19 dBm	95 dB	-97 dBm	-6 dBm	14 MHz/0	2 kHz	-114 dBm	-19 dBm	94 dB	-97 dBm	-6 dBm	50 MHz/0	20 kHz	-115 dBm	-20 dBm	95 dB	-97 dBm	-10 dBm	50 MHz/+32	20 kHz	-138 dBm	-42 dBm	96 dB	-97 dBm	-15 dBm
Pasmo/przedwzm.	odstęp	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki																																																										
3,5 MHz/0	20 kHz	-113 dBm	-21 dBm	92 dB																																																										
		-97 dBm	-8 dBm																																																											
14 MHz/0	20 kHz	-114 dBm	-19 dBm	95 dB																																																										
		-97 dBm	-6 dBm																																																											
14 MHz/+16	20 kHz	-129 dBm	-33 dBm	96 dB																																																										
		-97 dBm	-15 dBm																																																											
14 MHz/+32	20 kHz	-138 dBm	-44 dBm	94 dB																																																										
		-97 dBm	-29 dBm*																																																											
14 MHz/0	5 kHz	-114 dBm	-19 dBm	95 dB																																																										
		-97 dBm	-6 dBm																																																											
14 MHz/0	2 kHz	-114 dBm	-19 dBm	94 dB																																																										
		-97 dBm	-6 dBm																																																											
50 MHz/0	20 kHz	-115 dBm	-20 dBm	95 dB																																																										
		-97 dBm	-10 dBm																																																											
50 MHz/+32	20 kHz	-138 dBm	-42 dBm	96 dB																																																										
		-97 dBm	-15 dBm																																																											
Punkt przecięcia drugiego rzędu: nie podany	Przedwzmacniacz 0/16/32 dB: 14 MHz, +71/+71/+71 dBm; 21 MHz, +71/+71/+69 dBm; 50 MHz, +83/+83/+71 dBm																																																													
Cyfrowa eliminacja szumów: nie podana	12 dB																																																													
Tłumienie kanału sąsiedniego dla FM: nie podane	Włączony przedwzm. +32 dB: na 29 MHz, 97 dB: na 52 MHz, 95 dB																																																													



Zakres dynamiki ograniczony składowymi trzeciego rzędu modulacji skrośnej dla FM: nie podany	Odstęp 20 kHz, przedwzmacniacz +32 dB: 29 MHz, 84 dB; 52 MHz, 90 dB Odstęp 10 MHz, przedwzmacniacz +32 dB 29 MHz, 86 dB; 52 MHz, 99 dB
Próg czułości blokady szumów: nie podany	FM, przedwzm. +32 dB: 29 MHz, 0,32 $\mu$ V do 1,58 $\mu$ V; 52 MHz, 0,14 $\mu$ V do 0,71 $\mu$ V
Czułość miernika siły sygnałów: nie podana	Siła S9, przedwzm. 0/16/32 dB 14 MHz, 38,4/38,4/36,3 $\mu$ V 50 MHz, 26,3/23,4/23,4 $\mu$ V Skala: 6 dB/jedn. S
Tłumienie filtru zaporowego: nie podane	Filtr ręcznie strojony, normalne 52 dB; silne, 61 dB bardzo silne >70 dB
Charakterystyka częstotliwościowa p.cz./m.cz.: nie podana	Granice na poziomie -6 dB++: CW (pasmo 400 Hz): 400 – 800 Hz równoważne pasmo prostokątne: 402 Hz USB (2,4 kHz): 90 – 25000 Hz LSB (2,4 kHz): 90 – 2500 Hz AM (6 kHz): 31 – 5491 Hz
Opóźnienie sygnału odbieranego w wyniku obróbki komputerowej: nie podane	165 ms
<b>Nadajnik</b>	<b>Dynamiczne badania nadajnika</b>
Moc wyjściowa: CW, SSB, FM: 1 – 100 W; AM, 1– 25 W	CW, SSB, FM: 1,8 – 30 MHz, 0,9 – 100 W; 50 MHz 0,6 – 85 W; AM: 1,8 – 30 MHz, 0,17 – 23 W, 50,4 MHz, 0,1 – 17 W
Moc w.cz. przy minimalnym dopuszczalnym napięciu zasilania: nie podana	Przy 11,7 V: 14MHz, 92 W; 50 MHz, 77 W
Tłumienie harmonicznych i sygnałów niepożądanych: KF, 55 dB; 50 MHz, 65 dBc	KF, >68 dB (typ.), 61 dB w najgorszym przypadku, 5,330 MHz; 50 MHz, 73 dB; odpowiada wymogom FCC
Składowe intermodulacyjne: nie podane	3/5/7//9 rzędu, 100 W PEP: KF, -41/-40/-49/-55 dB (typ.) w najgorszym przypadku, 10 m, -42/-39/-46/-53 dB; 50 MHz, -42/-37/-46/-55 dB Moc 50 W: 14 MHz, -35/-43/-50/-55 dB 50 MHz, -32/-40/-50/-55 dB
Szybkość kluczowania CW: nie podana	5,5 – 47 sł./min, tryby iambic A i B
Czas przełączania nadawanie-odbiór (od momentu puszczenia przycisku nadawania do uzyskania 50% mocy m.cz.): nie podany	Siła S9, ARW szybka SSB, 200 ms; CW (pełny podsłuch), 186 ms*
Czas włączania nadajnika (tx delay): nie podany	SSB, 47 ms: FM, 26 ms (29 MHz), 25 ms (52 MHz)
Transmisja w.cz. po wyłączeniu nadajnika: przełączana, 0 – 30 ms dla wzmacniacza	Zgodne z danymi producenta, czas od zakończenia trasm. w.cz. do wył. na wyjściu wzm. 0 – 3 s
Wymiary (szerokość, głębokość, wysokość): 356 x 171 x 337 mm, masa 5,5 kg	
Punkty przecięcia drugiego rzędu określone w stosunku do poziomu odniesienia S5	
* Wartości domyślne, czasy zależne od ustawień filtrów	
++ Wartości domyślne, pasmo jest regulowane cyfrowo	

Na podst. [1]

Literatura i adresy internetowe

- [1] „FlexRadio Systems Flex-6400M HF and 6-meter SDR Transceiver”, Joel Hallas, W1ZR, QST 2/2019, str. 47
- [2] „Transceivery Flex-6000”, tłum. Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 9/2015, str. 32
- [3] Prospekty fabryczne

## 4. IC-7610 – radiostacja z cyfrową obróbką sygnałów

Radiostacja IC-7610 pracuje na zasadzie bezpośredniej przemiany analogowo-cyfrowej podobnie jak popularna IC-7300. Jest ona wyposażona w dwa odbiorniki, pokrywa pasma krótkofalowe oraz 6 m i robiąc wrażenie urządzenia najwyższej klasy cenowo mieści się w środku skali.



Fot. 4.1

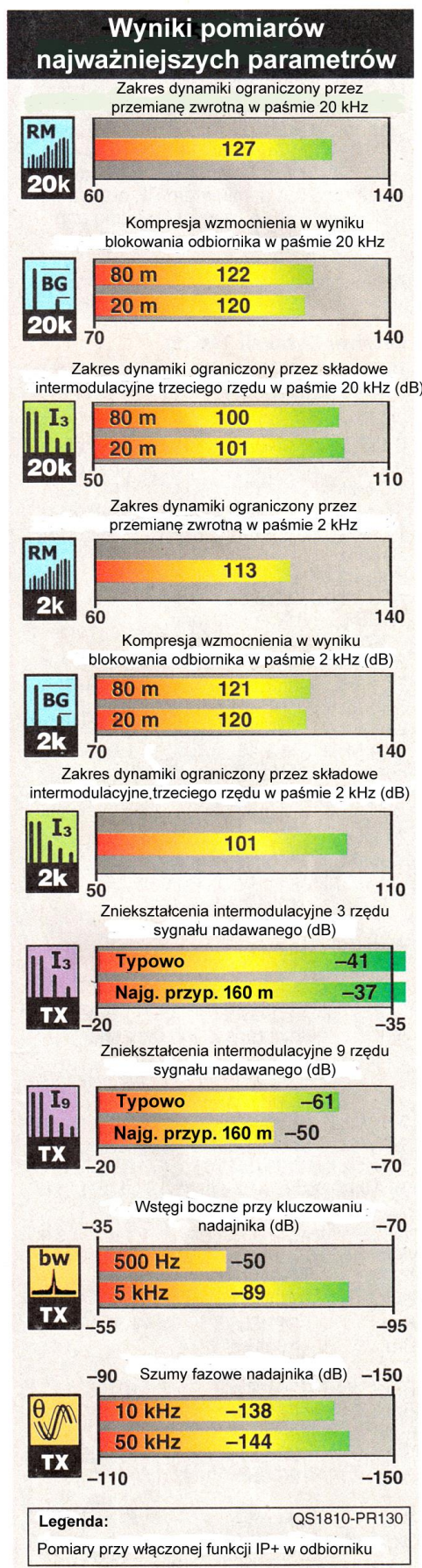
IC-7600 jest 100-watową radiostacją pracującą emisjami SSB, CW, FM, AM i cyfrowymi w pasmach KF i 6 m. Jej konstrukcja jest wzorowana na rozwiązaniu popularnej radiostacji IC-7300 stosującej bezpośrednią przemianę analogowo-cyfrową, ale jej parametry są bliższe zaliczającej się do najlepszych – 7851. Najbardziej widocznymi zmianami w porównaniu z IC-7300 są drugi odbiornik, o parametrach identycznych jak główny, oraz niezależne wyjścia głośnikowe i słuchawkowe. Na ekranie dotykowym wyświetlane są informacje związane z obydwoimi odbiornikami. Wprawdzie dla części regulacji istnieją też klasyczne elementy na płycie czołowej, ale niektóre z nich są dostępne jedynie przez ekran dotykowy. W odróżnieniu telefonów komórkowych obraz na ekranie IC-7610 nie może być rozciągany i zmniejszany przez odpowiednie przesuwanie palców. Użytkownik ma do dyspozycji okna o różnej treści, przestrajanie przez dotknięcie widma na ekranie, a także korzystanie z myszy. Dla znacznie różniących się częstotliwości dostrojenia obydwoi odbiorników wskaźnik widma jest dzielony na dwie części. Wśród wyświetlanych elementów znajdują się wskaźniki wychyłowe, zajmujące jednak znaczną część ekranu. Radiostacja jest wyposażona w gniazdko DVI dla dodatkowego monitora o większej przekątnej.

### Konstrukcja

Identycznie jak w IC-7300 odbiornik pracuje na zasadzie bezpośredniej przemiany analogowo-cyfrowej. Oznacza to, że sygnał odbierany nie jest poddawany przemianie częstotliwości ani wzmocnieniu na p.cz. przed podaniem go na przetwornik a/c. Rozwiązanie takie ma szereg zalet: w torze odbiorczym nie występują nieliniowe stopnie przemiany wytwarzające składowe niepożądane, będące przyczyną interferencji własnych (ang. *birdie*) i zakłócenia wskutek odbioru na częstotliwościach lustrzanych. Strumień danych cyfrowych z przetwornika podlega selekcji (ang. *decimation*) i obróbce w programowalnej matrycy FPGA.

Poważne problemy całkowicie uniemożliwiające odbiór występują jednak w razie przesterowania przetwornika a-c. Do środków zapobiegawczych dostępnych w IC-7610 należą przełączane filtry pasmowe na wejściu, włączany w miarę potrzeby automatyczny filtr śledzący (oznaczony na schemacie blokowym jako „DIG-SEL”) oraz regulowany tłumik i wyłączany przedwzmacniacz. Stan przesterowania przetwornika („OVL”) jest sygnalizowany na wyświetlaczu.

Jedno z dwóch umieszczonych na tylnej ścianie złączy USB służy do zdalnego sterowania radiostacją, a drugie do transmisji strumieni danych fonicznych. IC-7610 jest wyposażona także w złącze zdalnego sterowania CI-V, ethernetowe gniazdko RJ-45 oraz dwa gniazdko USB i kieszeń dla modułów SD na przedniej ścianie. Połączenie radiostacji z lokalną siecią lub z Internetem pozwala na zdalne korzystanie z niej przy użyciu programu RS-BA1. Frontowe gniazdko USB oprócz identycznego zastosowania



jak tylne mogą służyć do aktualizacji oprogramowania i do podłączenia zewnętrznych nośników danych albo klawiatury. Połączenie IC-7610 z komputerem wymaga zainstalowania na nim odpowiednich sterowników.

#### Praca w eterze

O ile początkowe wyjście w eter okazuje się stosunkowo proste, o tyle pełne wykorzystanie funkcji urządzenia wymaga zapoznania się z instrukcją obsługi. Radiostacja dysponuje szeroką gamą pożądaných funkcji. Gałka strojenia ma regulowany opór i zapewnia płynne strojenie z krokiem zmienianym automatycznie w zależności od szybkości obrotu. Sygnały odbierane przez każdy z odbiorników są odtwarzane przez przypisane im głośniki lub w kanałach lewym i prawym słuchawek. Do ich strojenia służy standardowo wspólna przełączana gałka, ale rolę drugiej może spełniać gałka na dostępnym dodatkowo manipulatorze RC-28. Sprawą oczywistą przy cyfrowej obróbce sygnałów jest wyposażenie odbiorników w cyfrowy eliminator zakłóceń impulsowych („NB”), w cyfrową redukcję szumów („NR”) i przestrajany ręczny filtr zaporowy („NOTCH”). Dobrze spisuje się cyfrowa filtracja sygnałów o przełączanej szerokości pasma, ale możliwa jest także płynna zmiana położenia zboczy filtrów.

W 99 komórkach pamięci zapisywane są nie tylko częstotliwości pracy, ale również rodzaj emisji i ustawienia filtracji. Otrzymywane przez autora testu raporty potwierdzały dobrą jakość nadawanego dźwięku. W pasmach 10 i 6 m radiostacja dysponuje rozstawem częstotliwości i tonami CTCSS dla korzystania z przemienników. Przy transmisji SSB do wyboru są trzy szerokości pasm 2,8, 2,4 i 2,0 kHz, natomiast przy transmisjach AM i FM tylko środkowa z nich. Oddzielnie dla każdego rodzaju emisji dostępna jest regulacja barwy dźwięku tonów niskich i wysokich w zakresach +/- 5 dB. Jakość głosu z odbiorników była dobra przy korzystaniu z wbudowanych głośników i jeszcze lepsza przy większych zewnętrznych. Oprócz regulowanej barwy dźwięku dla tonów niskich i wysokich odbiorniki posiadają też filtry dolno- i górnoprzepustowy m.c. ułatwiające eliminację zakłóceń.

Do dyspozycji jest też funkcja IP+ zapewniająca, dzięki dodaniu do sygnałów odbieranych lokalnie generowanych szumów, 14 dB zwiększenie odporności na modulację skrośną kosztem 3 dB spadku czułości.

Przy pracy telegraficznej pomocne są możliwości podsluchu między znakami („ful bk”) lub słowami („semi bk”) z regulowanym opóźnieniem przełączania. Samo przełączanie nadawanie-odbior i odwrotnie odbywa się cicho i nie utrudnia pracy w eterze. Wbudowany klucz elektroniczny iambic pozwala na telegrafowanie z szybkościami 6 – 48 słów/min, a oprócz tego możliwe jest podłączenie zwykłego klucza sztorcowego. W tekstach zapisanych w pamięciach telegraficznych można korzystać z automatycznego licznika QSO przydatnego w czasie zawodów. Opóźnienie sygnału

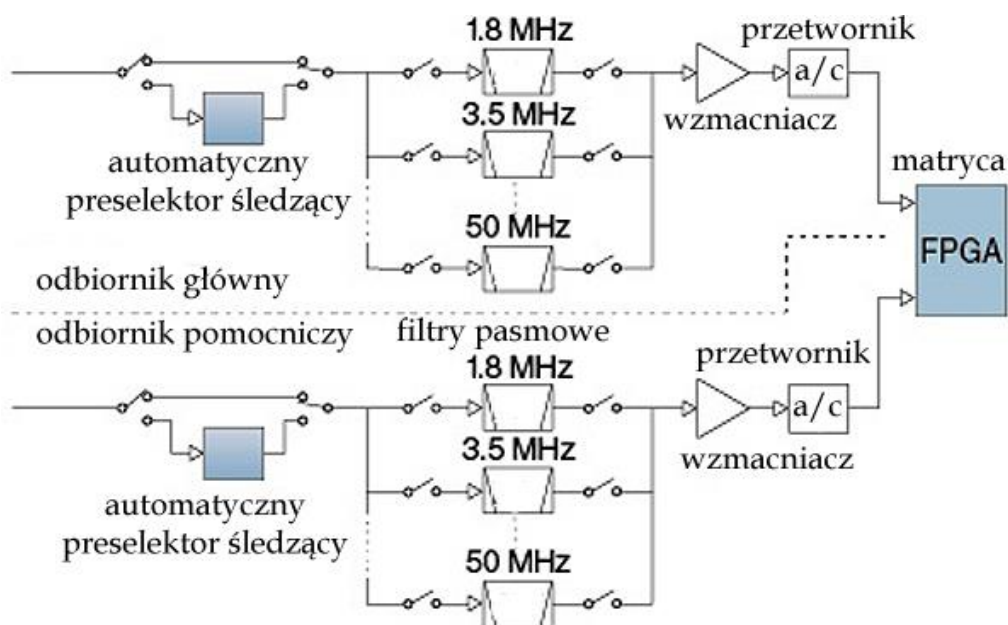
w całym torze odbiorczym wynosi na wyjściu głośnikowym tylko 12 ms w stosunku do wejścia antenowego. Jego przyczyną jest cyfrowa obróbka sygnałów.

W odróżnieniu od przyjętej normy różnica między stopniami S na mierniku wynosi 3 zamiast 6 dB.

Włączenie przedwzmacniacza powoduje niestety zmianę wskazań miernika, chociaż powinny one pozostać stałe, gdyż napięcie w.c.z. na zaciskach anteny nie ulega z tego powodu zmianom.

IC-7610 posiada dekodery emisji RTTY i PSK31/63, dzięki którym w dolnej części ekranu zamiast wskaźnika widma wyświetlanych jest sześć linii ostatnio odebranego tekstu. Do nadawania emisjami cyfrowymi bez pomocy komputera można korzystać z klawiatury komputerowej podłączanej do frontowego gniazdka USB. Dzięki transmisji strumieni m.cz. za pośrednictwem tylnego złącza USB praca emisjami cyfrowymi przy użyciu komputera nie wymaga pętlini kabli. Doprowadzenie odbieranego sygnału m.cz. do gniazdka mikrofonowego upraszcza z klasycznych analogowych układów sprzęgających komputer z radiostacją, gdyż wymaga połączenia go jedynie z gniazdkiem mikrofonowym.

W stanie wyłączonym radiostacja pobiera prąd 25 mA, o czym warto pamiętać przy zasilaniu bateryjnym.



Rys. 4.2. Schemat blokowy

Na załączonej dokumentację składają się drukowana podstawowej instrukcja obsługi opisująca wszystkie elementy regulacji i najważniejsze możliwości połączeń z dodatkowym wyposażeniem oraz dysk CD zawierający dodatkowo instrukcję rozszerzoną i zestaw schematów. Niestety pewne funkcje są opisane tylko w jednej z nich, tak że użytkownik musi często wertować obydwie, a poza tym podział na rozdziały też mógłby być trochę praktyczniejszy.

Wyposażona w mnóstwo przydatnych funkcji, wymagających dłuższego czasu dla zapoznania się z nimi, jest na tyle nieduża, że mieści się bez trudności w większości lokalizacji i wystarczająco duża, żeby nie utrudniać jej obsługi. Jednocześnie mimo to cenowo leży ona w pobliżu środka skali.

Tabela 4.1

Pomiary radiostacji IC-7610 o numerze seryjnym 1201580 i wersjach oprogramowania 1.06 (mikroprocesor) oraz 1.05 (matryca FPGA)

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres częstotliwości: odbiór 30 kHz – 60 MHz; nadawanie: nie podany	Odbiór 30 kHz – 60 MHz, nadawanie: pasma amatorskie 160 – 6m
Pobór prądu: nadawanie 23 A (maks.), odbiór 3,5 A (przy maks. sile głosu) przy napięciu zasilania 13,8 V +/-15%	Przy zasilaniu 13,8 V 20 A przy nadawaniu maks., 18,5 A typ. dla maks. mocy wyjściowej; 6 A przy minimalnej mocy wyjściowej; przy odbiorze 2,43 A przy maks. sile głosu i podświetleniu ekranu, 2,24 A przy minimalnej jasności ekranu. W stanie wyłączonym pobór 25 mA
Emisje: SSB, CW, FM, AM, PSK, RTTY	Zgodnie z danymi producenta
Odbiornik	Dynamiczne badania odbiornika
Czułość dla SSB/CW przy odstępnie sygnał/szum 10 dB, 0,16 $\mu$ V typ. w zakresie 1,8 – 30 MHz (przedwzm. 1); 0,13 $\mu$ V typ. na 50 MHz (przedwzm. 2)	Poziom szumów, pasmo 500 Hz, włączona IP+: Przedwzm.   wył.    1    2 (dBm) (dBm) (dBm) 0,137 MHz   -116   -127   -133 0,475 MHz   -130   -137   -141 1,0 MHz      -131   -140   -142 3,5 MHz      -132   -140   -142 14 MHz       -130   -138   -142 50 MHz       -130   -138   -141
Współczynnik szumów: nie podany	Przedwzm. wył./1/2: 14 MHz, 17/9/5 dB
Czułość AM: przy odstępnie sygn./szum 10 dB, 6,3 $\mu$ V typ. w zakr. 0,1 – 1,8 MHz i 2,0 $\mu$ V typ. w zakr. 1,8 – 30 MHz (przedwzm. 1); 1,0 $\mu$ V typ. 50 MHz (przedwzm. 2)	Dla odstepu sygnał/szum 10 dB, pasma 6 kHz, modulacji 30% sygnałem 1 kHz: Przedwzm.   wył.    1    2 ( $\mu$ V)   ( $\mu$ V)   ( $\mu$ V) 1,0 MHz      2,28    1,20   0,90 3,8 MHz      2,21    1,07   0,98 29,0 MHz     2,34    1,05   0,78 50,4 MHz     3,46    1,40   1,00
Czułość FM: 12 dB SINAD, 0,5 $\mu$ V typ. w zakresie 28 – 29,7 MHz (przedwzm. 1); 0,32 $\mu$ V typ. na 50 MHz (przedwzm. 2), charakterystyka filtru o łagodnie opadających zboczach	Odstęp 12 dB SINAD, pasmo 15 kHz, dewiacja 3 kHz: Przedwzm.   wył.    1    2 ( $\mu$ V)   ( $\mu$ V)   ( $\mu$ V) 29 MHz      0,81   0,30   0,23 52 MHz      0,59   0,26   0,20
Czułość widmowa: nie podana	Wskaźnik panoramiczny, przedwzm. wył./1/2 14 MHz, -109/-120/-128 dBm 50 MHz, -107/-118/-126 dBm Wskaźnik wodospadowy, przedwzm. wył./1/2 14 MHz, -106/-117/-125 dBm 50 MHz, -104/-115/-123 dBm
Poziom przesterowania przetwornika a/c: nie podany	Dla pojedynczego sygnału w paśmie przenoszenia, > +10 dBm
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem: nie podany	Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem, pasmo 500 Hz*): odstęp 20 kHz    odstęp 5/2 kHz przedwzm. wył./1/2    przedwzm. wył. 3,5 MHz      122/119/113 dB    121/121 dB 14 MHz       120/117/113 dB    120/120 dB 50 MHz       122/119/113 dB    122/122 dB
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną: nie podany	14 MHz, odstęp 20/5/2 kHz: 127/116/113 dB

Zakres dynamiki dwutonowy trzeciego rzędu (pasmo 500 Hz, włącz. IP+)				
Pasmo/przedwzm	odstęp	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki
3,5 MHz/wył.	20 kHz	-132 dBm -97 dBm	-32 dBm -16 dBm	100 dB
14 MHz/wył.	20 kHz	-130 dBm -97 dBm	-20 dBm 0 dBm	101 dB
14 MHz/1	20 kHz	-138 dBm -97 dBm	-38 dBm -26 dBm*	100 dB
14 MHz/2	20 kHz	-142 dBm -97 dBm	-44 dBm -26 dBm*	98 dB
14 MHz/wył.	5 kHz	-130 dBm -97 dBm	-29 dBm -17 dBm	101 dB
14 MHz/wył.	2 kHz	-130 dBm -97 dBm	-29 dBm -17 dBm	101 dB
50 MHz/wył.	20 kHz	-130 dBm -97 dBm	-31 dBm -15 dBm	99 dB
50 MHz/2	20 kHz	-141 dBm -97 dBm	-43 dBm -32 dBm	98 dB
Punkt przecięcia drugiego rzędu: nie podany	Przedwzmacniacz wyłączony/1/2 (przy punkcie odniesienia S5): 14 MHz, +73/+69+63 dBm; 21 MHz, +77/+55/+39 dBm; 50 MHz, +71/+71/+71 dBm			
Cyfrowa eliminacja szumów: nie podana	15 dB			
Tłumienie kanału sąsiedniego dla FM: nie podane	Włączony przedwzm. 2: na 29 MHz, 82 dB; na 52 MHz, 86 dB			
Zakres dynamiki ograniczony modulacją skrośną dla FM: nie podany	Odstęp 20 kHz, przedwzmacniacz 2: 29 MHz, 82 dB**; 52 MHz, 86 dB** Odstęp 10 MHz, przedwzmacniacz 2 29 MHz, 88 dB; 52 MHz, 92 dB			
Próg czułości blokady szumów: SSB, < 3,2 $\mu$ V; FM, 0,32 $\mu$ V	FM, przedwzm. 2: 29 MHz, 0,1 $\mu$ V do 112 mV; 52 MHz, 0,13 $\mu$ V do 112 mV; SSB, przedwzm. wył.: 14 MHz, 4,31 $\mu$ V do 911 mV			
Czułość miernika siły sygnałów: nie podana	Siła S9, przedwzm. wył./1/2 14 MHz, 51,8/23,7/23,2 $\mu$ V 50 MHz, 72,4/34,6/35,4 $\mu$ V Skala: 3 dB/jedn. S			
Tłumienie filtra zaporowego	Filtr automatyczny, 52 dB; czas reakcji, 200 ms dla pojedynczego tonu+			
Charakterystyka częstotliwościowa p.cz./m.cz.: nie podana	Granice na poziomie -6 dB++: CW (500 Hz): 344 – 859 Hz równoważne pasmo prostokątne: 516 Hz USB (2,4 kHz): 234 – 2750 Hz LSB (2,4 kHz): 234 – 2750 Hz AM (6 kHz): 30 – 3188 Hz			
Opóźnienie sygnału odbieranego w wyniku obróbki komputerowej: nie podane	12 ms			
Moc wyjściowa m.cz.: > 2 W (na obc. 8 $\Omega$ , ton 1 kHz, znieksz. nlin. 10 %)	2,17 W przy zniekształceniach 10%, Zniekształcenia przy 1 V wart. skut., 0,5%			
Nadajnik	Dynamiczne badania nadajnika			
Moc wyjściowa: CW, SSB, RTTY, PSK, FM: 1 – 100 W; AM, 1– 25 W	CW, SSB, RTTY, PSK, FM: 1,8 – 30 MHz, 0,4 – 100 W; 50 MHz 0,4 – 93 W; AM: 1,8 – 30 MHz, 0,4 – 26 W, 50,4 MHz, 0,15 – 23 W			

Moc w.cz. przy minimalnym dopuszczalnym napięciu zasilania: nie podana	Przy 11,7 V: 14MHz, 83 W; 50 MHz, 75 W
Tłumienie harmoniczných i sygnałów niepożądanych: KF, > 50 dB; 50 MHz, > 60 dBc	KF, 69 dB (typ.), 60 dB w najgorszym przypadku, 5,330 MHz; 50 MHz, 78 dB, odpowiada wymogom FCC
Składowe intermodulacyjne: nie podane	3/5/7/9 rzędu, 100 W PEP: KF, -41/-37/-46/-61 dB (typ.) w najgorszym przypadku, 160 m, -37/-41/-44/-50 dB; 50 MHz, -32/-35/-45/-58 dB Moc 50 W: 14 MHz, -30/-41/-62/-70 dB 50 MHz, -33/-44/-58/-63 dB
Szybkość kluczowania CW: nie podana	6 – 47 sł./min, tryb iambic B
Czas przełączania nadawanie-odbiór (od momentu puszczenia przycisku nadawania do uzyskania 50% mocy m.cz.): nie podany	Siła S9, ARW szybka SSB, 50 ms; CW (pełny podsłuch), 45 ms
Czas włączania nadajnik (tx delay): nie podany	SSB, 60 ms: FM, 11 ms (29 i 52 MHz)
Transmisja w.cz. po wyłączeniu nadajnika: przełączana, 0 – 30 ms dla wzmacniacza	Zgodne z danymi producenta, czas od zakończenia transm. w.cz. do wył. na wyjściu wzm. 5,5 ms
Wymiary (szerokość, głębokość, wysokość): 340 x 277 x 118 mm, masa 8,5 kg	
* Dla progu sygnalizacji „OVL”	
** pomiar ograniczony szumami fazowymi	
+ Automatyczny filtr zaporowy tłumi dwa tony o ponad 38 dB jeśli są odległe od siebie co najmniej o 500 Hz	
++ Wartości domyślne, pasmo jest regulowane cyfrowo	

*Na podst. [1]*

Literatura i adresy internetowe

- [1] „Icom IC-7610 HF and 6 Meter Transceiver”, Joel R. Hallas, W1ZR,QST 10/2018, str. 45  
[2] [www.icomeurope.com](http://www.icomeurope.com)



## 5. IC-7300

IC-7300 jest przedstawicielem trzeciej generacji radiostacji programowalnych (SDR), pracuje na zasadzie bezpośredniej przemiany analogowo-cyfrowej w odbiorniku i bezpośredniej syntezy cyfrowej w torze nadawczym, a w odróżnieniu od większości dotychczasowego sprzętu tego rodzaju nie wymaga połączenia z komputerem.



Fot. 5.1. Przednia ścianka

IC-7300 jest radiostacją klasy popularnej, co znalazło odbicie w jej korzystnej cenie. Jej schemat blokowy jest zasadniczo podobny do innych rozwiązań trzeciej generacji takich jak Flex, Anan itp. Większość z tych modeli wymaga jednak połączenia z komputerem za pomocą złącza USB lub Ethernet na czas pracy.

IC-7300 pracuje autonomicznie, do obsługi posiada własny kolorowy ekran dotykowy ale może być także połączona z komputerem PC za pośrednictwem złącza USB. W skład standardowego wyposażenia wchodzi oprócz drukowanej instrukcji obsługi także dysk CD z oprogramowaniem sterującym oraz mikrofon elektretowy HM-219, kabel zasilający z wtyczką 4-kontaktową identyczny jak w innych nowszych modelach, trzy zapasowe bezpieczniki, krótki kabelek zakończony 13-kontaktową wtyczką DIN oraz wtyczki stereofoniczne 6,35 i 3,5 mm.

Po podłączeniu zasilania, anteny i mikrofonu autor testu mógł w krótkim czasie przeprowadzić pierwsze łączności foniczne bez korzystania z instrukcji obsługi. Pewną pomocą w tym były jednak doświadczenia zdobyte w pracy na IC-7100.

W wersji europejskiej IC-7300 pokrywa nie tylko pasma krótkofalowe i 6 m, ale także i 4 m – przyp. tłum.

Odbiornik pracuje z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową i cyfrową obróbką sygnałów na programowalnej matrycy FPGA typu EP4CE55F2317N i na procesorze sygnałowym TMS320C6745 (tym samym co w IC-7100, a więc i zestaw funkcji jest podobny). We wzmacniaczu mocy pracują dwa tranzystory typu RD70VHF1 – również identycznie jak w IC-7100.

Pierwsze wrażenia były bardzo pozytywne: bardzo dobra jakość odbieranego głosu, raporty potwierdzające dobrą jakość głosu nadawanego, łatwość obsługi i łatwość znalezienia najczęściej używanych funkcji i elementów. Barwę dźwięku można zresztą skorygować w menu. Część funkcji jest dostępna przez ekran dotykowy, a do nawigacji w menu służy wielofunkcyjna gałka umieszczona po prawej górnej stronie ciekłokrystalicznego ekranu o przekątnej 109 mm.

Liczba elementów na przedniej ściance jest stosunkowo niewielka i są one podpisane w zrozumiałym sposób. Po lewej stronie wyświetlacza znajduje się gałka do płynnej regulacji położenia zboczy filtra p.cz. („Twin PBT”), gałka regulacji siły głosu i blokady szumów, szczelina dla modułów pamięciowych SD oraz gniazdko mikrofonowe i słuchawkowe. Poniżej wyświetlacza umieszczonych jest pięć klawiszy związanych z funkcjami menu. Ekspozowane miejsce po prawej stronie zajmuje gałka strojenia, a nad nią umieszczonych jest 9 klawiszy: RIT, wyboru komórek pamięci, zmiany VFO A lub B i odstępu częstotliwości nadawania i odbioru. Obok nich leży z kolei wspomniana już gałka wielofunkcyjna,

przycisk XFC (sprawdzania częstotliwości nadawania), wskaźniki nadawania i odbioru, strojenia, blokady itd. Na tylnej ścianie dominuje wentylator chłodzący, a po jego lewej stronie znajdują się gniazda zasilania i antenowe. Po prawej stronie znajdują się natomiast gniazdo sterujące zewnętrzną skrzynką antenową, gniazdo ALC i sterowania dla wzmacniaczy mocy innych firm, gniazdko dla klucza telegraficznego, zdalnego sterowania (DIN), głośnikowe i gniazdko USB do połączenia z komputerem. Radiostacja ma stosunkowo niewielkie wymiary 240 x 238 x 95 mm i masę 4,1 kg.



Fot. 5.2. Odbiór RTTY

#### Praca w eterze

Jak już wcześniej wspomniano uruchomienie i przeprowadzenie pierwszych łączności nie sprawiło autorowi testu żadnej trudności. Wszyscy, którzy nie mieli dotąd do czynienia z nowszymi modelami Icoma poradzą sobie łatwo po zapoznaniu się z podręczną instrukcją obsługi. Szczegółowa instrukcja w formacie PDF, o ponad dwukrotnie większej objętości znajduje się na dysku CD i jest też dostępna do pobrania z Internetu.

Folia chroniąca ekran przed zadrapaniem utrudnia korzystanie z niektórych funkcji i dlatego lepiej ją usunąć. Zmiany pasm pracy dokonuje się na ekranie. Po dotknięciu pozycji MHz wyświetlane jest menu kontekstowe zawierające ich wybór. Wybranie tego samego pasma powoduje przejście do drugiego rejestru podręcznego, a dłuższe przyciśnięcie tej pozycji – do trzeciego. Krok strojenia jest zależny od wybranej emisji. Dla SSB dotknięcie pozycji kHz na ekranie powoduje domyślnie strojenie z krokiem 1 kHz. Po naciśnięciu i przytrzymaniu przez co najmniej sekundę wyświetlane jest menu kontekstowe służące do wyboru kroku strojenia. Dłuższe naciśnięcie pozycji Hz powoduje zmianę kroku precyzyjnego strojenia z domyślnych 10 Hz na 1 Hz.

Po dotknięciu pozycji MHz i naciśnięciu przycisku F-INP na ekranie wyświetlana jest klawiatura numeryczna pozwalająca na bezpośrednie wprowadzenie częstotliwości pracy. Na zakończenie należy wówczas nacisnąć przycisk ENT. W celu zmiany emisji należy nacisnąć obszar, w którym jest wyświetlana i wybrać pożądaną pozycję z menu kontekstowego. W podobny sposób zmienia się także inne parametry pracy.

Gałka wielofunkcyjna („MULTI”) położona w pobliżu górnego prawego rogu ekranu jest ważnym i wygodnym elementem obsługi. Jej naciśnięcie powoduje wyświetlenie szeregu parametrów po prawej stronie ekranu. Ich zbiór jest zależny od trybu pracy i przykładowo dla emisji SSB zawiera moc nadawania i regulację wzmocnienia toru modulacji. Ustawienia zmieniają się przez dotknięcie odpowiednich obszarów na ekranie i obrót gałki wielofunkcyjnej. Przy pracy telegraficznej oprócz regulacji mocy i częstotliwości tonu dudnieniowego możliwa jest zmiana szybkości telegrafowania z krokiem 1 sł./min.

Radiostacja posiada 8 pamięci dla tekstów telegraficznych. Są one wywoływane za pomocą klucza bocznego podłączonego do gniazdko na tylnej ścianie. Do wprowadzania i modyfikacji tekstów służą

odpowiednie punkty menu. W tekstach może być zawarty także stan automatycznego licznika QSO przydatnego w zawodach.

Przy pracy telegraficznej możliwy jest podsłuch między słowami („semi bk”) lub między znakami („full bk”). W tym drugim przypadku przekaźnik antenowy powoduje jednak nieprzyjemny hałas, który można zneutralizować przez założenie słuchawek.

### Dalekopisy i emisje cyfrowe

IC-7300 posiada wbudowany dekodery RTTY i pamięci tekstów, co pozwala na pracę bez użycia komputera. Oczywiście możliwe jest także korzystanie z komputera jak w każdym innym modelu radiostacji. Praca RTTY lub innymi emisjami cyfrowymi może odbywać się w klasyczny sposób z wykorzystaniem ogólnie znanych układów sprzęgających komputer z radiostacją – w tym przypadku poprzez gniazdko ACC na tylnej ścianie. Włączenie transmisji danych USB-D uzyskuje się przez dłuższe naciśnięcie punktu USB w menu wyboru emisji.

Drugim sposobem jest połączenie IC-7300 z komputerem za pośrednictwem kabla USB. Wymaga to uprzedniego zainstalowania sterownika Icom ale oprócz połączenia dla sygnałów cyfrowych do dyspozycji jest także kanał zdalnego sterowania CAT (przykładowo za pomocą fabrycznego programu RS-BA1). Konfiguracji obu połączeń dokonuje się w menu.

### Menu

Menu radiostacji jest wprawdzie wielopoziomowe ale punkty najbardziej potrzebne są łatwo osiągalne. Są one też dostatecznie dokładnie opisane w podręcznej instrukcji obsługi. Niektóre rzadziej lub jednorazowo używane punkty są opisane szczegółowo w pełnej instrukcji.

Instrukcja podstawowa porusza dokładnie takie sprawy jak praca przez przemienniki, wyświetlanie widma na wskaźniku, strojenie anteny, korzystanie z pamięci SD, nagrywanie i odtwarzanie dźwięku, praca dalekopisowa itp.

### Ekran dotykowy

Ekran daje jasny i wyraźny obraz i w zależności od ustawień pozwala na dodatkowe wyświetlanie widma lub wodospadu w.cz. oraz sygnału m.cz. (audioskopu). Wyświetlane treści są zależne w pewnym stopniu od wybranej emisji, przykładowo dla telegrafii zamiast widma wyświetlane są parametry klucza elektronicznego.

Dostrojenie się do sygnału widocznego na wskaźniku wodospadowym wymaga tylko jego dłuższego dotknięcia na ekranie. W trakcie odbioru SSB widmo sygnału jest wyświetlane symetrycznie w stosunku do środka kanału, a nie w odniesieniu do (prawidłowo wskazywanej powyżej) częstotliwości wytłumionej nośnej, co może powodować początkowo pewne niejasności.

### Wbudowana skrzynka antenowa

Układ dostrojenia anteny pracuje w pasmach 1,8 – 50 MHz i zapewnia prawidłowe dopasowanie dla WFS nie przekraczających 3:1. Dla WFS nie przekraczających 1:1,5 dostrojenie uzyskuje się przeciętnie w ciągu 2–3 sekund. W przypadku korzystania z parametrów zapisanych w pamięci czas ten skraca się nawet do 100 ms. W trybie specjalnym możliwe jest awaryjne dopasowanie nawet przy WFS dochodzącym do 1:10 ale po ograniczeniu mocy nadawania do 50 W.

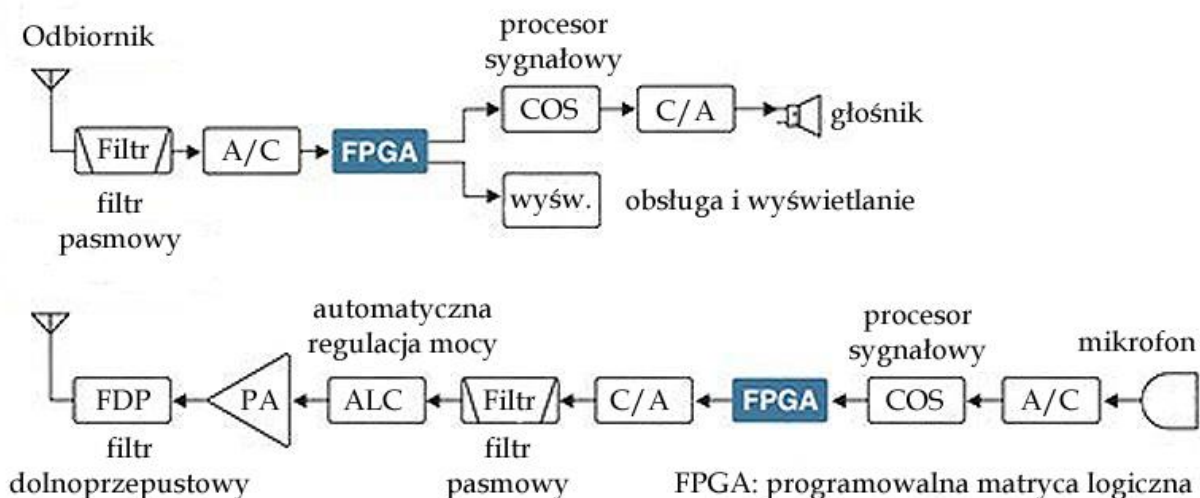
### Podsumowanie

Pomimo przynależności do klasy popularnej IC-7300 jest wyposażony w szereg funkcji dostępnych przeważnie dotąd w sprzęcie wyższej klasy. Użytkownicy obeznani już ze sprzętem Icom mogą się szybko oswoić z obsługą, nawet nie korzystając z instrukcji. Pozostali znajdą bardzo szybko odpowiedzi na pytania i wątpliwości w załączonej instrukcji drukowanej. Ogólnie rzecz biorąc po dokonaniu podstawowych ustawień zgodnie z potrzebami i upodobaniami operatora obsługa jest prosta i intuicyjna.

Otrzymywane od korespondentów raporty były bardzo dobre. Również jakości odbieranego dźwięku nie można było nic zarzucić. Także komentarze na forach internetowych były w przeważającej części pozytywne i przyrównujące IC-7300 do urządzeń o dwukrotnie wyższej cenie. Radiostacja może stać się cennym uzupełnieniem posiadanego wyposażenia zapewniając funkcjonalność sprzętu programowalnego (SDR) bez komplikacji związanych z instalacją oprogramowania na komputerze i połączeniem z nim.

Głosy krytyczne na forach internetowych podkreślały brak drugiego odbiornika (ale w urządzeniu tej klasy można się z tym faktem pogodzić), wyższy niż np. w IC-7600 poziom szumów własnych i bardziej skomplikowany dostęp do rejestrów (pamięci) podręcznych – przyp. tłum.

Aktualne znaczne zapotrzebowanie na IC-7300 wskazuje, że Icomowi udało się wprowadzić na rynek nowy przebój. Możliwość pracy autonomicznej bez konieczności korzystania z komputera ułatwia wejście sprzętu programowalnego do użytku u osób, którym nie bardzo pasują czarne skrzynki obsługiwane myszą – przyp. tłum.



Rys. 5.3. Schemat blokowy IC-7300

Tabela 5.1  
Najważniejsze parametry IC-7300

Parametry ogólne		
Zakresy częstotliwości		w MHz
	Odbiornik	0,030 – 74,800 2)
	Nadajnik	1,800 – 1,999; 3,500 – 3,800; 7,000 – 7,200; 10,000 – 10,150; 14,000 – 14,350; 18,068 – 18,168; 21,000 – 21,450; 24,890 – 24,990; 28,000 – 29,700; 50,000 – 52,000; 70,000 – 70,500
1) pasmo 70 MHz dostępne w wersji europejskiej, granice zakresów są zależne od lokalnych wersji 2) parametry gwarantowane z pasmach 0,500 – 29,999, 50,000 – 54,000 i 70,000 – 70,500 MHz		
Emisje		SSB, CW, RTTY, AM, FM
Liczba pamięci		101 (99 zwykłych i 2 dla granic przeszukiwanego zakresu)
Gniazdo antenowe		SO-239 – 50 Ω
Napięcie zasilania		13,8 V ±15 %
Pobór prądu	Tx	21 A (przy mocy wyjściowej 100 W)
	RX	0,9 A (w stanie gotowości), 1,25 A (przy maksymalnej sile głosu)
Zakres temperatur pracy		-10°C – +60°C
Stabilność częstotliwości		< 0,5 x 10 <sup>-6</sup> w zakresie temperatur -10°C – +60°C

Krok strojenia		1 Hz			
Wymiary (szer. x wys. x głęb.)		240 x 94 x 238 mm			
Masa		ok. 4,2 kg			
<b>Nadajnik</b>					
Moc wyjściowa	SSB, CW, FM, RTTY AM	2 – 100 W (KF/50 MHz), 2 – 50 W (70 MHz) 1 – 25 W (KF/50 MHz), 1 – 12,5 W (70 MHz)			
Modulator	SSB AM FM	cyfrowa metoda fazowa (ang. <i>digital PSN</i> ) cyfrowa na niskim poziomie mocy cyfrowy modulator reaktancyjny			
Niepożądane emisje	pasma KF 50 MHz 70 MHz	< -50 dB < -63 dB < -60 dB			
Tłumienie nośnej		> 50 dB			
Tłumienie drugiej wstęgi bocznej		> 50 dB			
Impedancja mikrofonu		600 Ω			
<b>Odbiornik</b>					
Zasada pracy		Superheterodyna z bezpośrednią przemianą analogowo-cyfrową			
Częstotliwość pośrednia (p.cz.)		36 kHz			
Czułość 3)		0,5 – 1,8 MHz	1,8 – 29,995 MHz	pasmo 50 MHz	pasmo 70 MHz
	SSB/CW (2,4 kHz, 10 dB sygnał/szum)	–	0,16 μV	0,13 μV	0,16 μV
	AM 6 kHz, 10 dB sygnał/szum)	12,6 μV	2,0 μV	1,0 μV	1,0 μV
	FM (15 kHz, 12 dB SINAD)	–	0,5 μV (28,0 – 29,7 MHz)	0,25 μV	0,25 μV
3) na KF włączony przedwzmacniacz 1; 50/70 MHz – przedwzmacniacz 2					
Próg blokady szumów 3)		SSB: poniżej 5,6 μV; FM: poniżej 0,3 μV			
Selektywność (dla filtru „Sharp”)		minimalna szerokość		maksymalna szerokość	
	SSB (pasmo 2,4 kHz)	2,4 kHz/-6 dB		3,4 kHz/-40 dB	
	CW (pasmo 500 Hz)	500 Hz/-6 dB		700 Hz/-40 dB	
	RTTY (pasmo 500 Hz)	500 Hz/-6 dB		800 Hz/-40 dB	
	AM (pasmo 6 kHz)	6,0 kHz/-6 dB		10 kHz/-40 dB	
	FM (pasmo 15 kHz)	12,0 kHz/-6 dB		22 kHz/-40 dB	
Tłumienie sygnałów lustrzanych i niepożądanych		KF 50/70 MHz > 70 dB > 70 dB (z wyłączeniem sygnałów lustrzanych konwersji a-c)			
Moc wyjściowa m.cz.		> 2,5 W (przy 10 % zniekształceń, obciążeniu 8 Ω, częstotliwości 1 kHz)			
Układ dopasowania anteny					
Zakres częstotliwości pracy		pasma 1,9 – 70 MHz			
Zakres dopasowywanych impedancji		16,7 – 150 Ω niesymetr. (WFS 1:3)			
Dokładność dopasowania		Uzyskiwany WFS ≤ 1:1,5			
Czas dostrajania		2 – 3 sekundy (maks. 15 sekund)			

Na podst. [1]

Literatura i adresy internetowe

- [1] „IC-7300 HF/6 m tranceiver: a user perspective”, Peter Freeman, VK3PF, Amateur Radio 6/2016, str. 25
- [2] „Erste Eindrücke vom IC-7300: außen Icom, innen vieles neu”, redakcja mies. „Funkamateurl”, Funkamateurl 5/2016, str. 426

## 6. TS-590SG – radiostacja Kenwooda na pasma KF i 6 m

TS-590SG jest radiostacją drugiej generacji obejmującą pasma 160 – 6 m, przeznaczoną do pracy emisjami SSB, CW, AM, FM i cyfrowymi. Jej tor odbiorczy pokrywa zakres 130 kHz – 30 MHz. Zasadnicza konstrukcja pozostała niezmieniona, ale dzięki udoskonaleniom niektórych jej części uzyskano zauważalną poprawę niektórych istotnych parametrów.



Fot. 6.1

Wygląd, rozmieszczenie elementów obsługi i zasadniczy układ blokowy nie uległy zmianom w porównaniu z pierwowzorem – TS-0590S (fot. 1). Obecny model dysponuje możliwością wyboru 10 odcieni podświetlenia wskaźnika od koloru zielonego począwszy, a na bursztynowym skończywszy. Podobnie jak w modelu poprzednim występują tu dwa układy odbiorników przełączanych automatycznie w zależności od wybranego podzakresu i szerokości pasma przenoszenia. Na głównych pasmach DX-owych 160, 80, 40, 20, 15 i 10 m pracuje odbiornik pierwszy z podwójną przemianą częstotliwości i pierwszą pośrednią 11,374 MHz standardowo wyposażony w wąskopasmowe filtry wstępne p.cz. (ang. *roofing filter*) 2,7 kHz dla SSB i 500 Hz dla CW i emisji cyfrowych. W pozostałych zakresach albo dla szerokości pasma przenoszenia przekraczającej 2,7 kHz używany jest drugi odbiornik: z potrójną przemianą i wysoką częstotliwością pośrednią 73,095 MHz. Oba odbiorniki korzystają ze wspólnego stopnia ostatniej pośredniej 24 kHz, na której sygnał jest przetwarzany cyfrowo w procesorze sygnałowym. Procesor sygnałowy zapewnia szerokie możliwości filtracji sygnałów i doboru parametrów filtrów dla telegrafii, fonii i emisji cyfrowych.

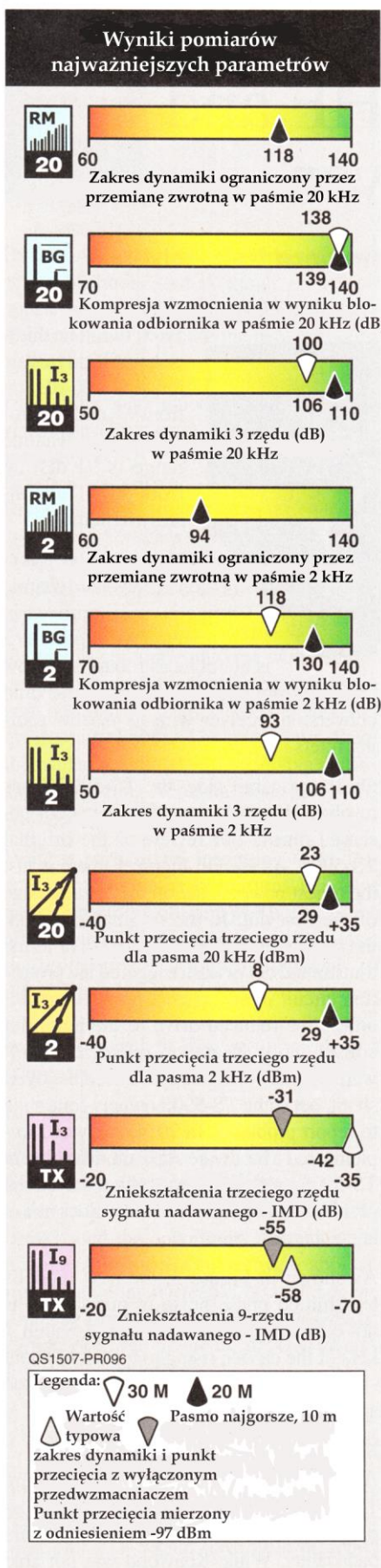
Zmiany w stosunku do modelu poprzedniego dotyczą takich spraw jak dodatkowe możliwości obsługi i lepsze parametry odbiornika.

Wyniki pomiarów przeprowadzonych przez ARRL ilustrują tabela 6.1 i rys. 6.2. Najistotniejszą poprawę parametrów odbiornika osiągnięto dzięki zwiększeniu czystości sygnału wyjściowego pierwszego oscylatora, co dało poszerzenie zakresu dynamiki odbiornika. W paśmie 20 zakres wolny od blokowania zwiększył się ze 121 do 130 dB, zakres wolny od modulacji skrośnej drugiego rzędu – z 97 do 106 dB, a zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną wzrósł z 91 do 94 dB.

W torze nadawczym został rozwiązany problem z przewyższeniem mocy na początku nadawania obserwowany w modelu poprzednim i stanowiący potencjalne zagrożenie dla podłączonych na wyjściu wzmacniaczy mocy lub innych urządzeń. Poziom szumów w nadawanym sygnale jest w bezpośrednim sąsiedztwie nośnej wyższy niż w modelu poprzednim (tylko -90 dBc/Hz), ale w większej odległości spada on do -140 dBc/Hz co jest już wartością bardzo dobrą.

W gnieździe DRV został wyprowadzony sygnał antenowy dla drugiego odbiornika (zewnętrznego). Korzystanie z niego może być istotną pomocą w pracy DX-owej a podłączenie odbiornika z cyfrową obróbką sygnałów (SDR) umożliwi panoramiczną obserwację wybranego podzakresu fal. Spowodowane przez rozgałęźnik antenowy 3 dB osłabienie sygnału jest odczuwalne praktycznie tylko w przypadku odbioru na poziomie szumów.

Po odpowiednim skonfigurowaniu w menu, w gnieździe tym dostępny jest także sygnał o poziomie 1 mW przewidziany do sterowania transwerterów.



Udoskonalony dekodery telegrafii o regulowanym progu detekcji wyświetla odbierane i zdekodowane teksty po prawej stronie wyświetlacza. Te same teksty mogą być wyświetlane także w oknie służącego do zdalnego sterowania programem *ARCP-590G* (rys. 3)

TS-590SG dysponuje, podobnie jak jego poprzednik, dwoma złączami do współpracy z komputerem i innymi urządzeniami: złączem USB i szeregowym RS-232. Mogą one być w miarę potrzeb wykorzystywane równolegle lub pojedynczo: złącze USB do współpracy z programami sterującymi, prowadzącymi dzienniki stacji lub terminalowymi do łączności emisjami cyfrowymi, a szeregowe przykładowo do przełączania zakresów wzmacniaczy mocy.

Program sterujący *ARCP-590G* dostępny bezpłatnie w witrynie producenta korzysta z wirtualnego złącza szeregowego symulowanego na złączu USB. Umożliwia on sterowanie prawie wszystkimi funkcjami radiostacji i zapis ustawień na dysku. Do wyjątków należą m.in. wzmacnienie w torze mikrofonowym lub opóźnienie działania VOX-u. Drugi z oferowanych programów, *ARHP-590G*, służy do sterowania radiostacji przez sieć. W witrynie producenta udostępniane jest też aktualne oprogramowanie fabryczne TS-590SG.

Wyposażenie w dwa gniazda antenowe (znajdujące się na tylnej ścianie) pozwala na przełączanie anten za pomocą znajdującego się na płycie czołowej przycisku ANT 1/2. Dokonany wybór jest zapamiętywany oddzielnie dla każdego pasma. Do gniazd znajdujących się na tylnej ścianie należą także gniazdo do sterowania układem dopasowania anten drutowych typu AT-300, gniazdko dodatkowej anteny odbiorczej, oddzielne gniazdko dla klucza sztorcowego i bocznego oraz gniazdko dla transmisji danych (ACC2).

Liczba elementów obsługi na ścianie przedniej nie przytłacza użytkownika, a system menu zawiera wprawdzie 100 punktów, ale wiele z nich dotyczy ustawień jednorazowych, tak że użytkownicy nie czują się w nim zagubieni. Oprócz strojenia gałką z wybieraną w szerokim zakresie precyzją, możliwy jest wybór pasm amatorskich za pomocą klawiatury, a w każdym z pasm wybór trzech ostatnio używanych częstotliwości wraz z ustawieniami filtrów, emisji i innych parametrów. Ta sama klawiatura służy także do bezpośredniego wprowadzania częstotliwości pracy. Pamięć kanałów zawiera 120 komórek, w których oprócz częstotliwości zapisywane są także i inne najważniejsze ustawienia. Strojenie możliwe jest także za pomocą programu sterującego.

Jakość nadawanego dźwięku okazała się dobra dla mikrofonów różnych typów i to zarówno z włączonym procesorem (czyli kompresorem) mowy jak i z wyłączonym. Sposób regulacji pasmowego korektora barwy dźwięku różni się wprawdzie od stosowanych w wielu innych modelach – możliwy jest tylko wybór jednej z 7 ustalonych charakterystyk – ale pokrywają one większość przypad-



ków spotykanych w praktyce. W sytuacjach szczególnych konieczne jest skorzystanie z dodatkowego zewnętrznego korektora. Bardzo dobrze pracuje też automatyczny przełącznik nadawanie-odbior (VOX).

Jakość odbieranego dźwięku jest bardzo dobra niezależnie od tego czy używany jest głośnik wbudowany, zewnętrzny czy też słuchawki.

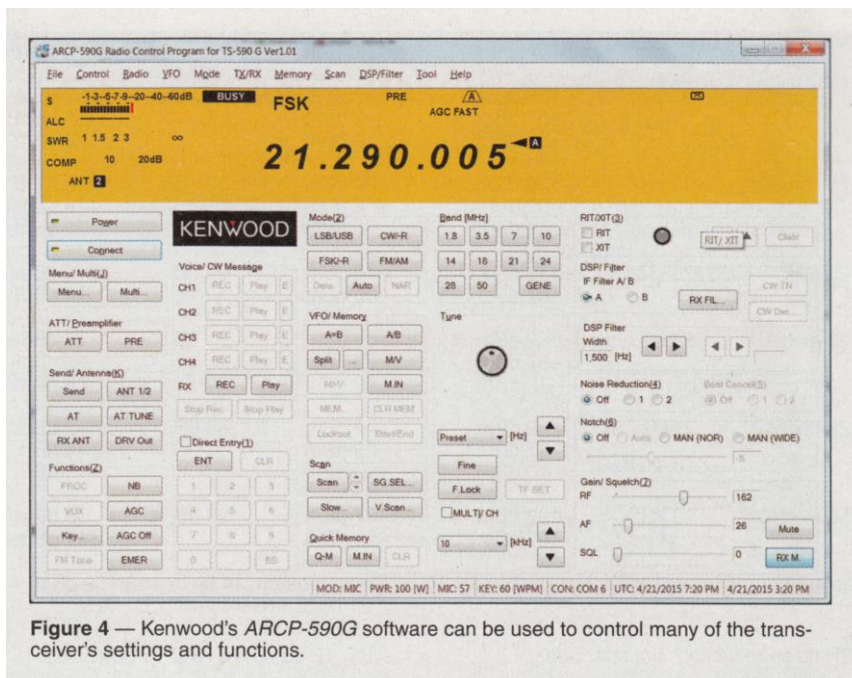


Figure 4 — Kenwood's ARCP-590G software can be used to control many of the transceiver's settings and functions.

Rys. 6.3. Okno główne programu sterującego

Oprócz emisji SSB możliwa jest też praca emisjami FM i AM. Maksymalna moc szczytowa 100 W oznacza, że najwyższa moc nośnej AM wynosi 25 W. Próby łączności emisją AM przebiegły zadowalająco. W pracy emisją FM możliwe jest korzystanie z tonów CTCSS i odstępu częstotliwości dla łączności przez przemienniki.

Prowadzenie łączności telegraficznych ułatwiają wbudowany układ klucza elektronicznego (pracującego w trybach iambic A i B lub w trybie półautomatycznym) i szybkość przełączania pozwalająca na pełny podsluch (bk-in). Rolę klucza telegraficznego mogą pełnić także przyciski strojenia („UP”, „DOWN”) na mikrofonie, ale nie wszystkim będzie to odpowiadać. Czas narastania znaków jest regulowany w zakresie 1 – 6 ms, ale dla czasów 1–2 ms poziom składowych zakłócających jest już raczej nie do przyjęcia.

TS-590SG posiada wbudowany podsystem dźwiękowy USB przeznaczony do pracy emisjami cyfrowymi przy użyciu popularnych programów terminalowych. Jest on dostępny przez to samo złącze USB, które jest używane do sterowania radiostacją. Konieczne jest jednak zainstalowanie sterownika wirtualnego złącza szeregowego i pomocniczego programu ARUA-10 USB Audio Controller, także dostępnego w witrynie producenta.

Alternatywnym rozwiązaniem jest połączenie wejścia i wyjścia m.cz. komputera z gniazdem danych radiostacji (ACC2). Gniazdo to posiada także wejście do bezpośredniego kluczowania częstotliwości (FSK) nadajnika dla RTTY. Wejście PTT gniazda powoduje wyłączenie sygnału z mikrofonu w trakcie nadawania, aby wyeliminować potencjalne pochodzące z niego zakłócenia sygnału danych.

Wbudowany układ dostrajania anteny zapewnia dopasowanie impedancji w zakresie 16,7 – 150  $\Omega$  (co odpowiada WFS w zakresie do 1 : 3). Szerszy zakres dopasowania zapewniają układy zewnętrzne j.np. AT-300 firmy Kenwood dla anten drutowych. W trakcie testów okazało się, że w pewnych sytuacjach wbudowany układ zapewniał dopasowanie nawet dla WFS równego 4 lub 5, ale nie było to regułą. Niemożność osiągnięcia dopasowania jest sygnalizowana telegraficznie.

Dostępny dodatkowo moduł VGS1 Voice Guide and Storage Unit służy do zapowiadania głosem wszelkich zmian i przełączeń parametrów a dodatkowo posiada pamięć dla czterech komunikatów

głosowych – dwóch po 30 i dwóch po 15 sekund. Komunikaty te dają się łączyć ze sobą w dłuższe całości. Możliwe jest także nagrywanie ostatnich 30 sekund odbioru.

Oprócz załączonej instrukcji obsługi w witrynie producenta dostępna jest także dodatkowa dokumentacja w formacie pdf.

TS-590SG okazał się godnym następcą popularnego modelu TS-590S, charakteryzującym się nowymi możliwościami i częściowo lepszymi parametrami, dobrą jakością dźwięku i korzystną ceną.

Tabela 6.1

Parametry modelu TS-590SG firmy Kenwood o numerze seryjnym B4B00277

Parametry podane przez producenta	Parametry zmierzone w laboratorium ARRL
Zakres odbioru 0,03 – 60 MHz Zakres pracy nadajnika – pasma amatorskie 160 – 6 m	Zgodne z podanymi przez producenta
Pobór prądu: przy odbiorze $\leq 1,5$ A; przy nadawaniu $\leq 20,5$ A dla napięcia zasilania 13,8 V $\pm 15$ %	Przy nadawaniu typowo 17,5 A; przy odbiorze 1,55 A (przy maksymalnej jasności podświetlenia, maksymalnej sile głosu, bez sygnału odbieranego); 1,43 A (przy wyłączonym podświetleniu)
Emisje: SSB, CW, AM, FSK, FM	Zgodne z podanymi przez producenta
<b>Odbiornik</b>	<b>Pomiary dynamiczne</b>
Czułość dla SSB/CW: dla 10 dB odstępu sygnału plus szumu od szumów, 0,13 – 0,522 MHz, 0,05 $\mu$ V; 0,522 – 1,705 MHz, 4 $\mu$ V; 1,705 – 24,5 MHz, 0,2 $\mu$ V; 24,5 – 54 MHz, 0,13 $\mu$ V	Poziom szumów (najniższy sygnał odbieralny – MDS), filtr cyfrowy 500 Hz, domyślny filtr wstępny p.cz.  Przedwzm. wył. Przedwzm. wł. 0,137 MHz -128 dBm -135 dBm 0,475 MHz -128 dBm -137 dBm 1,0 MHz -112 dBm -120 dBm 3,5 MHz -129 dBm -137 dBm 10,1 MHz -130 dBm -137 dBm 14 MHz -129 dBm -137 dBm 28 MHz -130 dBm -142 dBm 50 MHz -130 dBm -142 dBm
Współczynnik szumów: nie podany	14 MHz, przedwzm. wył./wł.: 18/10 dB 50 MHz, przedwzm. wył./wł.: 17/5 dB
Czułość dla AM: dla 10 dB odstępu sygnału plus szumu od szumów, 0,13 – 0,522 MHz, 6,3 $\mu$ V; 0,522 – 1,705 MHz, 31,6 $\mu$ V; 1,705 – 24,5 MHz, 2 $\mu$ V; 24,5 – 54 MHz, 1,3 $\mu$ V	Dla odstępu sygnał plus szum do szumu 10 dB, modulacji 1 kHz 30 %, filtr cyfrowy 6 kHz, filtr wstępny p.cz. 15 kHz  przedwzm. wył. przedwzm. wł. 1,0 MHz 13,0 $\mu$ V 5,3 $\mu$ V 3,8 MHz 1,9 $\mu$ V 0,78 $\mu$ V 29 MHz 1,38 $\mu$ V 0,41 $\mu$ V 50 MHz 1,6 $\mu$ V 0,43 $\mu$ V
Czułość dla FM: dla 12 dB SINAD (typowo), 28 – 30 MHz i 50 – 54 MHz $< 0,22$ $\mu$ V	Dla 12 dB SINAD, przedwzmacniacz włączony 29 MHz, 0,16 $\mu$ V; 52 MHz, 0,16 $\mu$ V
Kompresja wzmocnienia przy blokowaniu: nie podana	Zakres dynamiki ograniczony kompresją w wyniku blokowania, filtr cyfrowy 500 Hz, domyślny filtr wstępny p.cz.  odstęp 20 kHz odstęp 5/2 kHz przedw. wył/wł przedwzm. wył 3,5 MHz 139/139 dB 139/132 dB 10,1 MHz 138/138 dB 124/118 dB 14 MHz 139/134 dB 139/130 dB 28 MHz 138/138 dB 124/115 dB 50 MHz 137/132 dB 123/120 dB

Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną		14 MHz, odstęp 20/5/2 kHz: 118/106/94 dB			
Dwutonowy pomiar składowych intermodulacyjnych** (filtr cyfrowy 500 Hz, domyślny filtr wstępny p.cz.)					
Pasma / przedwzm.	Odstęp	Zmierzony poziom składowych intermod.	Poziom sygn. wejściowego	Zmierzony zakres dynamiki intermod.	Obliczony punkt IP3
3,5 MHz/wył.	20 kHz	-129 dBm	-31 dBm	98 dB	+18 dBm
		-97 dBm	-13 dBm		+29 dBm
		-56 dBm	0 dBm		+28 dBm
10,1 MHz/wył.	20 kHz	-130 dBm	-30 dBm	100 dB	+20 dBm
		-97 dBm	-17 dBm		+23 dBm
		-40 dBm	0 dBm		+20 dBm
10,1 MHz/wył.	20 kHz	-138 dBm	-38 dBm	99 dB	+12 dBm
		-97 dBm	-22 dBm		+16 dBm
10,1 MHz/wył.	5 kHz	-130 dBm	-36 dBm	94 dB	+11 dBm
		-97 dBm	-27 dBm		+8 dBm
		-14 dBm	0 dBm		+7 dBm
10,1 MHz/wył.	2 kHz	-130 dBm	-37 dBm	93 dB	+10 dBm
		-97 dBm	-27 dBm		+8 dBm
		-12 dBm	0 dBm		+6 dBm
14 MHz/wył.	20 kHz	-129 dBm	-23 dBm	106 dB	+30 dBm
		-97 dBm	-13 dBm		+29 dBm
		-55 dBm	0 dBm		+28 dBm
14 MHz/wył.	20 kHz	-137 dBm	-35 dBm	102 dB	+16 dBm
		-97 dBm	-22 dBm		+16 dBm
14 MHz/wył.	5 kHz	-129 dBm	-23 dBm	106 dB	+30 dBm
		-97 dBm	-13 dBm		+29 dBm
		-55 dBm	0 dBm		+28 dBm
14 MHz/wył.	2 kHz	-129 dBm	-23 dBm	106 dB	+30 dBm
		-97 dBm	-13 dBm		+29 dBm
		-55 dBm	0 dBm		+28 dBm
28 MHz/wył.	20 kHz	-130 dBm	-29 dBm	101 dB	+22 dBm
		-97 dBm	-15 dBm		+26 dBm
		-44 dBm	0 dBm		+22 dBm
28 MHz/wył.	20 kHz	-138 dBm	-46 dBm	92 dB	+0 dBm
		-97 dBm	-30 dBm		+4 dBm
28 MHz/wył.	5 kHz	-130 dBm	-39 dBm	91 dB	+7 dBm
		-97 dBm	-28 dBm		+7 dBm
		-12 dBm	0 dBm		+6 dBm

28 MHz/wył.	2 kHz	-130 dBm	-42 dBm	88 dB	+2 dBm
		-97 dBm	-29 dB		+5 dBm
		-10 dBm	0 dBm		+5 dBm
50 MHz/wył.	20 kHz	-130 dBm	-37 dBm	93 dB	+8 dBm
		-97 dBm	-25 dBm		+11 dBm
Punkt przecięcia 2 rzędu: nie podany		Przedwzm. wył/włącz. 14 MHz, +59/+59 dBm; 21 MHz, +69/65 dBm; 50 MHz, +63/+21 dBm			
Cyfrowa redukcja szumów; nie podana		Poz. NR1, 12 dB (CW), poz. NR2, 15 dB (SSB),			
Tłumienie filtra zaporowego: nie podane		Ręcznie ustawiane maks. 55 dB, automatycznie > 70 dB, czas do osiągnięcia pełnego tłumienia 180 ms, 1)			
Czułość miernika siły sygnału: nie podana		Sygnał S-9, przedwzm. wył./włącz.: 14 MHz 70,1/32,8 $\mu$ V; 50 MHz, 50,2/13,2 $\mu$ V			
Charakterystyka przenoszenia p.cz./m.cz.		Zakres na poziomie -6 dB (pasma): 2) CW (500 Hz): 284 – 940 Hz (656 Hz), równoważna szerokość pasma dla charakterystyki prostokątnej: 649 Hz USB: (2,3 kHz) 77 – 2260 Hz (2183 Hz) LSB: (2,3 kHz) 77 – 2260 Hz (2183 Hz) AM: (4,9 kHz) 96 – 2264 Hz (4336 Hz) 3)			
Tłumienie częstotliwości pośredniej i sygnałów zwierciadlanych: > 70 dB dla obu rodzajów		Tłumienie p.cz.: 3,5 MHz, 91 dB, 10,1 MHz, 89 dB, 14 MHz, 90 dB, 50 MHz, 92 dB Tłumienie sygnałów zwierciadlanych: 3,5 MHz, 87 dB, 10,1 MHz, 101 dB, 14 MHz, 88 dB, 50 MHz, 102 dB			
<b>Nadajnik</b>		<b>Pomiary dynamiczne</b>			
Moc wyjściowa 5 – 100 W (5 – 25 W AM)		CW, SSB, RTTY, FM: KF 4,4 – 95 W (typowo), 50 MHz 4,4 – 92 W, AM, typ. 4,8 – 25 W (50 MHz, 23 W)			
Tłumienie sygnałów niepożądanych i harmoniczných: nie podane		KF, 61 dB w najgorszym przypadku (14 MHz); 63 dB typ. 50 MHz, spełnia wymogi przepisów FCC			
Tłumienie nośnej SSB: 80 dB		> 70 dB			
Tłumienie drugiej wstęgi bocznej: 80 dB		> 70 dB			
Poziom składowych intermodulacyjnych trzeciego rzędu: nie podany		10 W PEP, składowe 3/5/7/9 rzędu: -31/-38/-48/-55 dBc (najniekorzystniejszy przypadek, 10 m); -42/-38/-48/-55 dBc (KF, typ.); -41/-38/-50/<-60 dBc (50 MHz)			
Zakres szybkości kluczowania dla klucza elektronicznego: nie podany		4 – 57 sł./min, tryb iambic A i B			
Czas przełączania nadawanie-odbiór (od momentu puszczenia przycisku nadawania do osiągnięcia 50% siły głosu: nie podany		Sygnał odbierany S-9, ARW szybka, 28 ms			
Czas przełączania na nadawanie (opóźnienie „TXDelay”)		SSB, 17 ms			
Wymiary (szerokość, wysokość, głębokość, z elementami wystającymi): 280 x 107 x 335 mm					
Waga: 7,4 kg					
Cena na rynku europejskim ok. 1890 euro, VGS-1 ok. 110 euro					

## Uwagi:

\* TS-590SG pracuje albo w układzie odbiornika z podwójną przemianą częstotliwości (RX1) albo z potrójną (RX2) w zależności od pasma i wybranej szerokości przenoszenia toru. Odbiornik RX1 z filtrem wstępnym 500 Hz był używany w trakcie testów na pasmach 3,5 i 14 MHz; odbiornik RX2 z filtrem wstępnym p.cz. 15 kHz i drugim filtrem p.cz. 2,7 kHz był używany na pozostałych pasmach.

\*\* ARRL przeprowadza dwutonowe pomiary zniekształceń intermodulacyjnych przy różnych poziomach sygnału. Wyniki pomiarów dwutonowych i pomiarów dynamiki ograniczonych składowymi trzeciego rzędu porównywalne z przeprowadzonymi wcześniej są podane w pierwszych liniach każdej grupy. Wyniki w kolumnie IP3 oznaczają obliczony punkt przecięcia trzeciego rzędu. Do określenia punktu przecięcia 2 rzędu służyły wyniki pomiarów przeprowadzonych przy poziomie -97 dBm.

1) Automatyczny filtr zaporowy wycina tylko pojedynczy ton.

2) Wartości domyślne; szerokości pasma i częstotliwości graniczne są regulowane w układzie cyfrowej obróbki sygnałów. Dla SSB górna częstotliwość filtru cyfrowego wynosiła 2600 Hz, a dolna – 300 Hz dla szerokości pasma 2300 Hz.

3) W oryginale błędne dane, najprawdopodobniej powinno być 96 – 4432 Hz (4336 Hz) – przyp. tłum.

*Na podst. [1]*

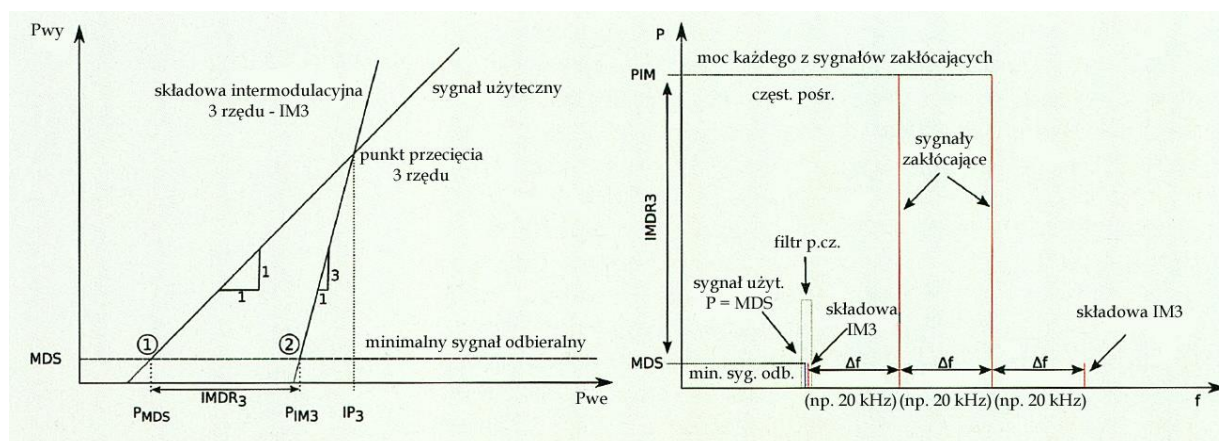
Literatura i adresy internetowe

[1] Mark Wilson, K1RO, QST 7/2015

## 7. TS-590SG – Badania odbiornika Część 1

Ceniona radiostacja średniej klasy TS-590S Kenwooda charakteryzowała się dobrym stosunkiem parametrów do ceny. Zastąpił ją udoskonalony model – TS-590SG.

Pomimo przynależności do klasy średniej rozwiązania techniczne TS-590SG są na poziomie spotykanym w sprzęcie wyższej klasy. Technika ta staje się więc dostępna szerszemu gronu miłośników DX-ów i zawodów. Autorzy zaliczający się do wymienionej grupy użytkowników postanowili więc dokładniej rzecz zbadać, rozpoczynając od najistotniejszych parametrów odbiornika i nie zapominając o wyjaśnieniu metod ich pomiaru. Używane przez nich metody wzorują się na stosowanych w laboratoriach ARRL.



Rys. 7.1 (po lewej). Przebieg poziomów sygnałów w trakcie pomiarów zakresu dynamiki wolnego od modulacji skrośnej IMDR3. Moc sygnału użytecznego wzrasta liniowo w funkcji poziomu sygnału wejściowego (nachylenie 1), podczas gdy moc sygnałów intermodulacyjnych wzrasta wraz z jego trzecią potęgą (nachylenie 3)

Rys. 7.2 (po prawej). Widmo częstotliwościowe składowych intermodulacyjnych trzeciego rzędu (IM3)

### Czułość

Graniczna czułość odbiornika jest określana przez parametr nazywany minimalnym sygnałem odbieralnym (ang. Minimum Discernible Signal – MDS). Dla dokonania jego pomiaru na początek mierzony jest poziom szumów na wyjściu słuchawkowym bez obecności sygnału odbieranego. Następnie na wejście antenowe podawany jest sygnał w.c.z. z generatora, a jego napięcie jest podwyższane aż do czasu gdy poziom sygnału wyjściowego wzrośnie o 3 dB. Oznacza to, że moc sygnału pomiarowego i moc szumów zrównały się ze sobą (punkt 1 na rys. 7.1). Ze względu na zależność mocy szumów od pasma przenoszenia również zmierzona w ten sposób czułość odbiornika jest od niego zależna.

### Zakres dynamiki wolny od modulacji skrośnej (IMDR)

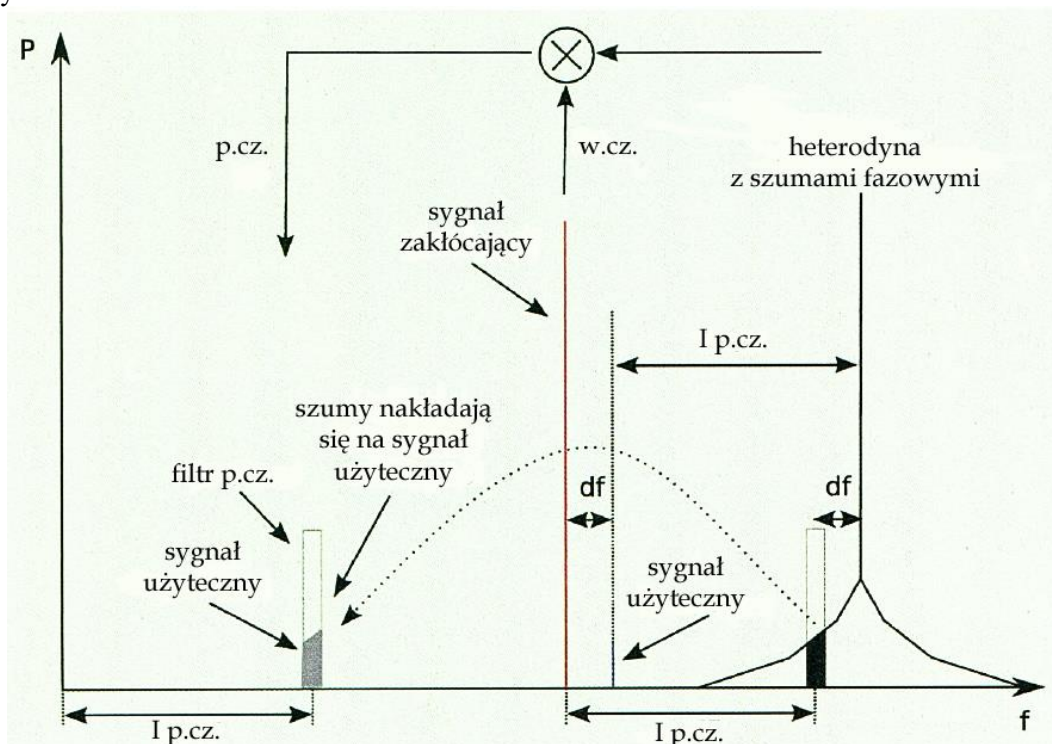
Parametr oznacza zakres poziomów sygnału odbieranego, w którym jest on dobrze słyszalny ale nie obserwuje się jeszcze występowania modulacji skrośnej. Spośród składowych powstających w wyniku modulacji skrośnej najsilniejsze są składowe intermodulacyjne trzeciego rzędu, mierzony dla nich zakres dynamiki nosi więc oznaczenie IMDR3. Jego pomiar polega na doprowadzeniu do gniazda antenowego odbiornika dwóch jednakowo silnych sygnałów o częstotliwościach różnych od częstotliwości odbioru ale dobranych tak aby spodziewana składowa intermodulacyjna leżała właśnie w odbieranym kanale. Odstęp sygnałów pomiarowych może być ogólnie rzecz biorąc dowolny, ale przyjęty są pewne wartości znormalizowane. Należy do nich podany na rys. 2 odstęp 20 kHz. Napięcie obu sygnałów jest następnie zwiększane aż do czasu gdy poziom sygnału m.c.z. zrówna się z osiągniętym przy pomiarze czułości. Oznacza to zrównanie się mocy składowej intermodulacyjnej trzeciego rzędu (IM3)

z mocą szumów. Różnica pomiędzy mocą jednego z sygnałów pomiarowych  $P_{IM3}$ , a mocą minimalnego odbieralnego sygnału  $P_{MDS}$  równa jest zakresowi dynamiki odbiornika. Przykładowo jeśli dla badanego urządzenie zmierzono przy paśmie przenoszenia 500 Hz  $P_{MDS} = -133$  dBm, a  $P_{IM3} = -34$  dBm obliczony zakres dynamiki IMDR3 wynosi  $P_{IM3} - P_{MDS} = -34 - (-133) = 99$  dB.

Często podawany jest także poziom punktu przecięcia 3 rzędu –  $IP_3$  – obliczany z powyższych dwóch wartości MDS i IMDR3 wg wzoru:

$$IP_3 = MDS + 1,5 \times IMDR3$$

Podawanie parametru  $IP_3$  ma więc sens jedynie razem z podaniem czułości (MDS). W praktyce większa wartość IMDR3 oznacza, że na zatłoczonym silnymi stacjami paśmie łatwiej będzie odebrać słabe sygnały.



Rys. 7.3. Zasada działania przemiany wstecznej

### Przemiana wsteczna i szumy fazowe

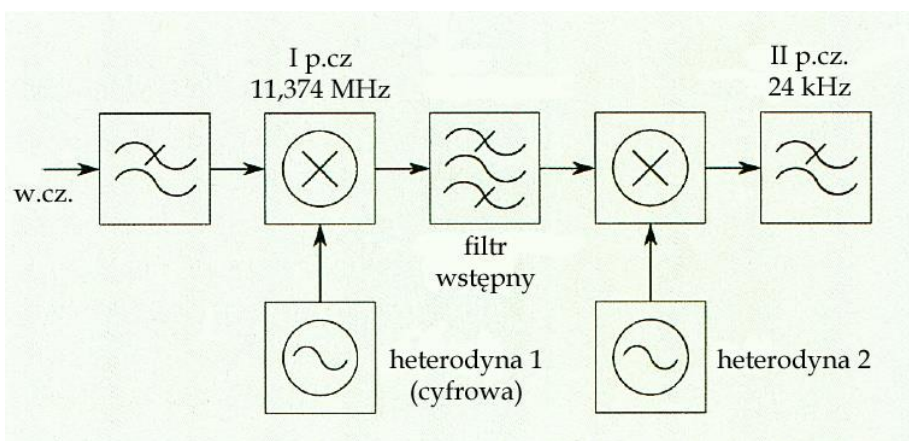
Heterodyny odbiorników nie dostarczają niestety idealnie czystych sygnałów. Występują w nich zawsze wstęgi boczne w postaci szumów. Ich szerokość i poziom zależą od układu oscylatora i od jego konstrukcji. W mieszaczu oprócz pożądanej przemiany sygnału odbieranego na częstotliwość pośrednią (p.c.z.) następuje także mieszanie się innych sygnałów o zbliżonych częstotliwościach ze składowymi szumowymi oscylatora, co owocuje wzrostem poziomu szumów w torze p.c.z. W tym przypadku następuje zamiana funkcji sygnału odbieranego i oscylatora i dlatego ta niepożądana przemiana jest nazywana przemianą wsteczną lub zwrotną. Silne sygnały sąsiadujące z odbieranym powodują w jej wyniku wzrost poziomu szumów w torze p.c.z., który w skrajnych przypadkach, odbioru słabych sygnałów, może nawet całkowicie zakryć sygnał użyteczny.

Zarówno modulacja skrośna jak i przemiana wsteczna powodują zmniejszenie efektywnego zakresu dynamiki odbiornika. Z punktu widzenia użytkownika bardziej istotny jest sam fakt ograniczenia dynamiki, aniżeli jego powody.

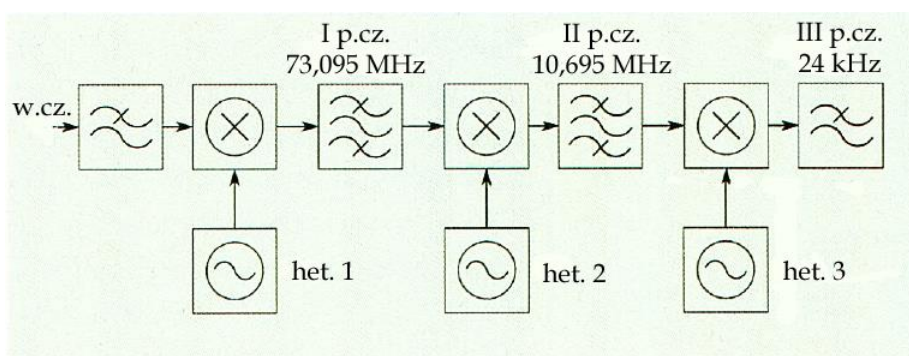
W ostatnich czasach producenci włożyli wiele wysiłku w poprawę parametru IMDR3 także przy małych odstępach sygnałów powodujących intermodulację – m.in. dzięki zastosowaniu wąskopasmowych filtrów wstępnych (ang. *roofing filter*) eliminujących sygnały zakłócające już na początku toru odbiorczego. Dzięki nim tylko stopnie znajdujące się przed filtrami wstępnymi (z pierwszym mieszaczem łącznie) muszą być uodpornione na silne sygnały. W ten sposób osiąga się znaczne zakresy dynamiki IMDR3 przy małym odstępach (< 2 kHz), a czynnikiem ją ograniczającym jest wpływ przemiany wstecznej. Niemożliwe staje się przeprowadzenie pomiaru zakresu dynamiki w opi-

sany powyżej sposób, ponieważ poziom szumów na wyjściu w wyniku przemiany znacznie wzrasta jeszcze przed pojawieniem się składowych intermodulacyjnych. Pomiaru zakresu dynamiki można natomiast dokonać za pomocą analizatora widma m.cz. opartego o szybką transformację Fouriera (FFT). Pozwala to na optyczne rozpoznanie składowej intermodulacyjnej na tle szumów. Liczbę punktów analizy dla algorytmu FFT należy dobrać tak, aby składowa intermodulacyjna wyróżniała się na tle szumów w każdym elementarnym wycinku pasma.

W TS-590SG występują dwa schematy przemiany, wykorzystywane zależnie od zakresu pracy: podwójną przemianę częstotliwości z niską pierwszą pośrednią (11,374 MHz, rys. 7.4) i potrójną przemianę częstotliwości z wysoką pierwszą pośrednią (73,095 MHz, rys. 7.5). W wariantcie pierwszym (dla pasm 160 – 15 m bez pasm WARC) filtry wstępne 500 Hz lub 2,7 kHz wyraźnie podwyższają odporność na modulację skrośną powodowaną przez bliskie sygnały.



Rys. 7.4. Schemat podwójnej przemiany w TS-590SG



Rys. 7.5. Schemat potrójnej przemiany w TS-590SG

#### Układ pomiarowy i otrzymane wyniki

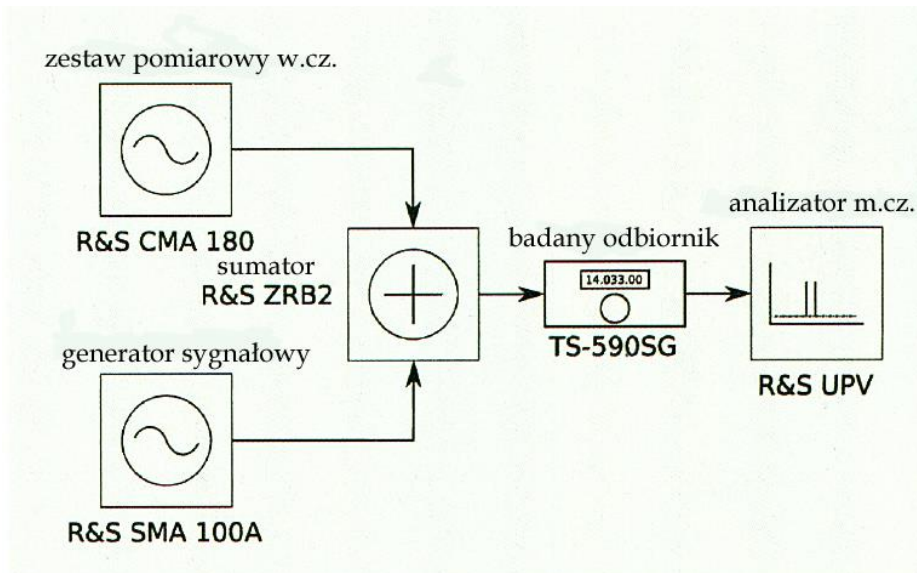
Zastosowane przyrządy pomiarowe muszą charakteryzować się znacznie lepszymi parametrami aniżeli badany odbiornik. Konkretnie oznacza to, że sygnał dwutonowy stosowany w trakcie pomiarów może zawierać jedynie pomijalne składowe intermodulacyjne, a poziom szumów generatorów pomiarowych musi być znacznie niższy od szumów heterodyny odbiornika.

Schemat układu pomiarowego złożonego z generatorów R&S SMA10, R&S CMA180, sumatora R&S ZRB2 i analizatora m.cz. R&S UPV przedstawiono na rys. 6. Dla zapewnienia powtarzalności wyników zautomatyzowanymi pomiarami sterował skrypt napisany w Pythonie. Wyniki pomiarów czułości TS-590SG przedstawione w tabeli 1 uwidaczniają wyraźną różnicę dla odbiorników z podwójną i potrójną przemianą częstotliwości. Pomiarów dla pasma 20 m dokonano dodatkowo z włączonym przedwzmacniaczem i tłumikiem.

Na ilustracjach 7.7 – 7.9 przedstawiono zależność zakresu dynamiki IMD3 od odstępu częstotliwości sygnałów zakłócających powodujących modulację skrośną oraz wpływ przemiany wstecznej przy jednym sygnale zakłócającym położonym w tej samej odległości. Efektywny zakres dynamiki jest



ograniczony przez wartość gorszą. Zielonym kolorem zaznaczono obszary, w których czynnikiem ograniczającym dynamikę jest przemiana wsteczna. Również i tutaj wyraźnie zauważa się różnicę pomiędzy torami z podwójną i potrójną przemianą częstotliwości. O ile dla odbiornika z podwójną przemianą i z filtrem 500 Hz dobry zakres dynamiki IMDR3 zaczyna się już przy odstępnie 3 kHz, o tyle dla odbiornika z potrójną przemianą wyraźne pogorszenie rozpoczyna się już przy odstępnie 12 kHz. Negatywnym wyjątkiem jest natomiast pasmo 160 m, gdzie mimo podwójnej przemiany nawet przy większych odstępach częstotliwości osiągana jest jedynie dynamika ok. 100 dB. Może być to spowodowane ograniczeniami wnoszonymi przez pierwszy mieszacz.



Rys. 7.6. Układ pomiarowy parametrów odbiornika

Skuteczny zakres dynamiki odbiornika z potrójną przemianą częstotliwości jest wprawdzie wyraźnie węższy, ale czynnikiem ograniczającym jest w dalszym ciągu przemiana wsteczna, ponieważ szumy heterodyny przy tym schemacie przemiany są zauważalnie wyższe.

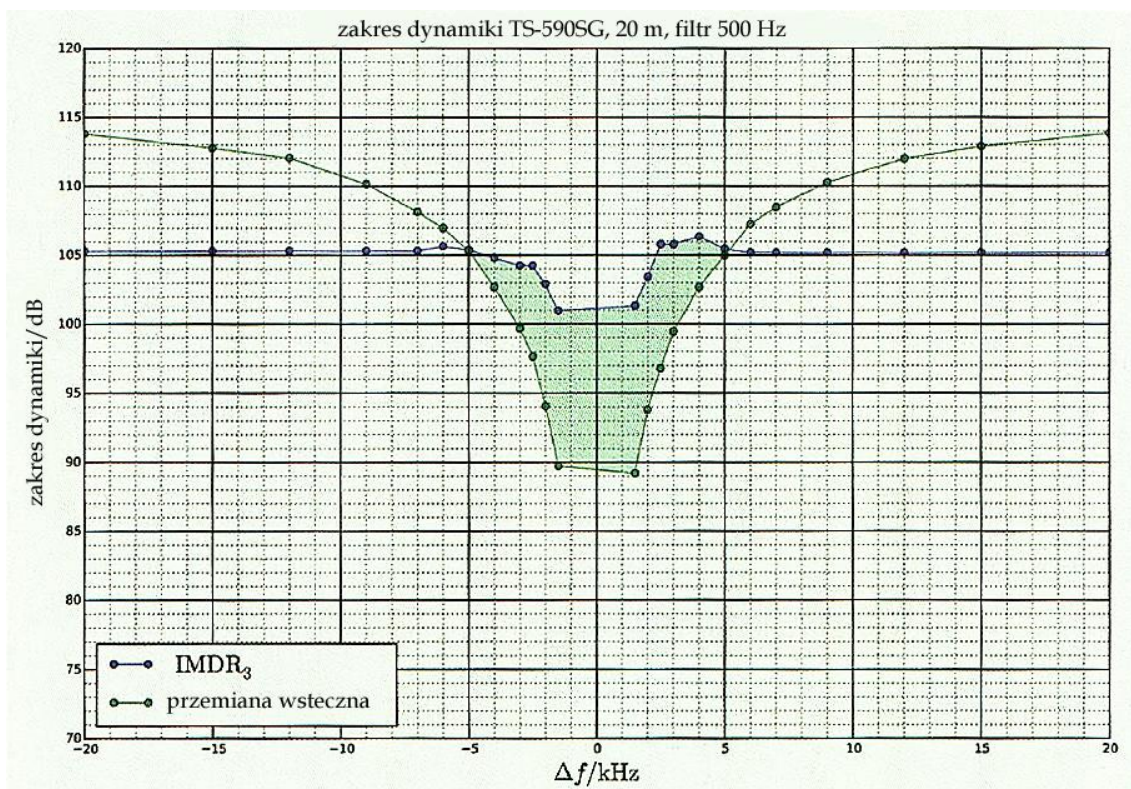
Jak wynika z rys. 10 osiągnięta przez producenta poprawa zakresu dynamiki IMDR3 jest wprawdzie wyraźnie widoczna, ale dla użytkownika większe znaczenie ma poprawa parametrów heterodyny w zakresie odstępów 3 – 6 kHz, ponieważ prawdziwym ograniczeniem dla obu odbiorników jest wpływ przemiany wstecznej.

Oprócz wymienionych parametrów odbiornika ujemnie na odbiór mogą wpływać także interferencje własne i blokowanie odbiornika przez silne sygnały. Ręczne poszukiwanie interferencji własnych wykazało jedynie istnienie słabego sygnału interferencyjnego oddalonego o 48 kHz od odbieranej częstotliwości – co jest wynikiem bardzo dobrym.

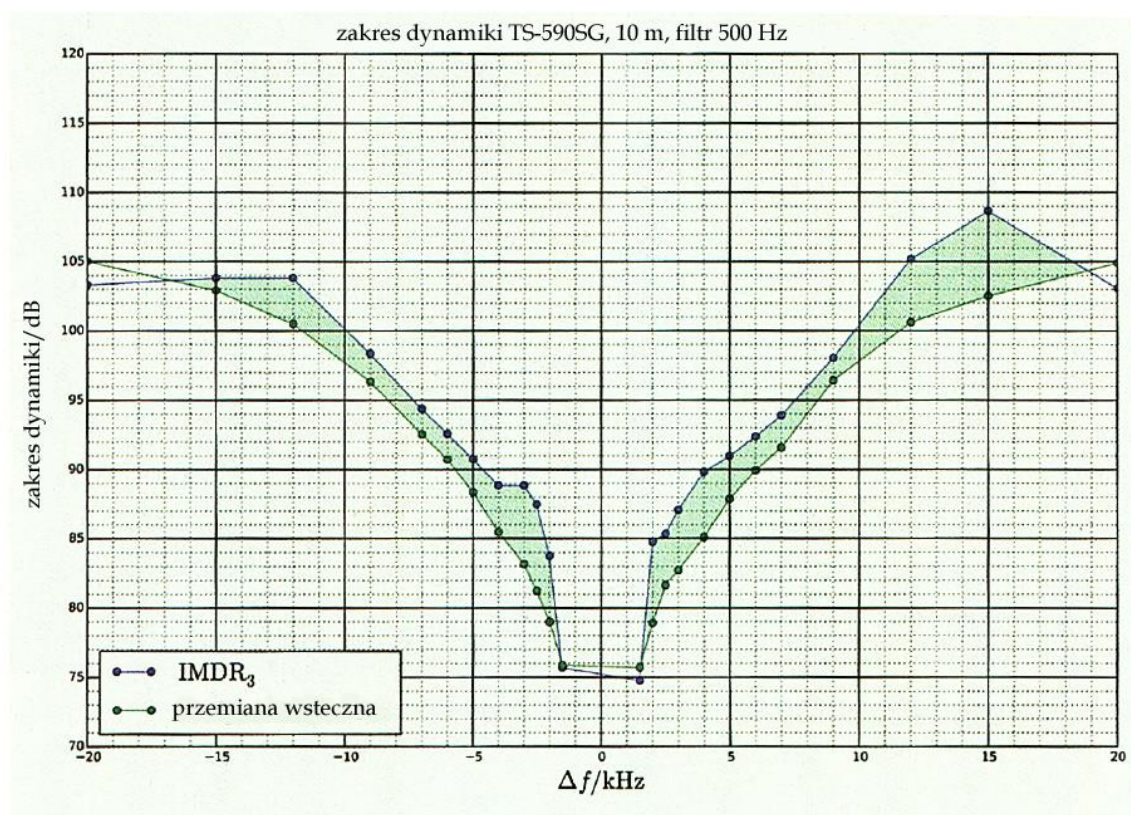
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem odbiornika zmierzony w paśmie 20 m przekraczał 140 dB.

Jest to wynik tak dobry, że nie należy obawiać się pogorszenie odbioru wskutek blokowania.

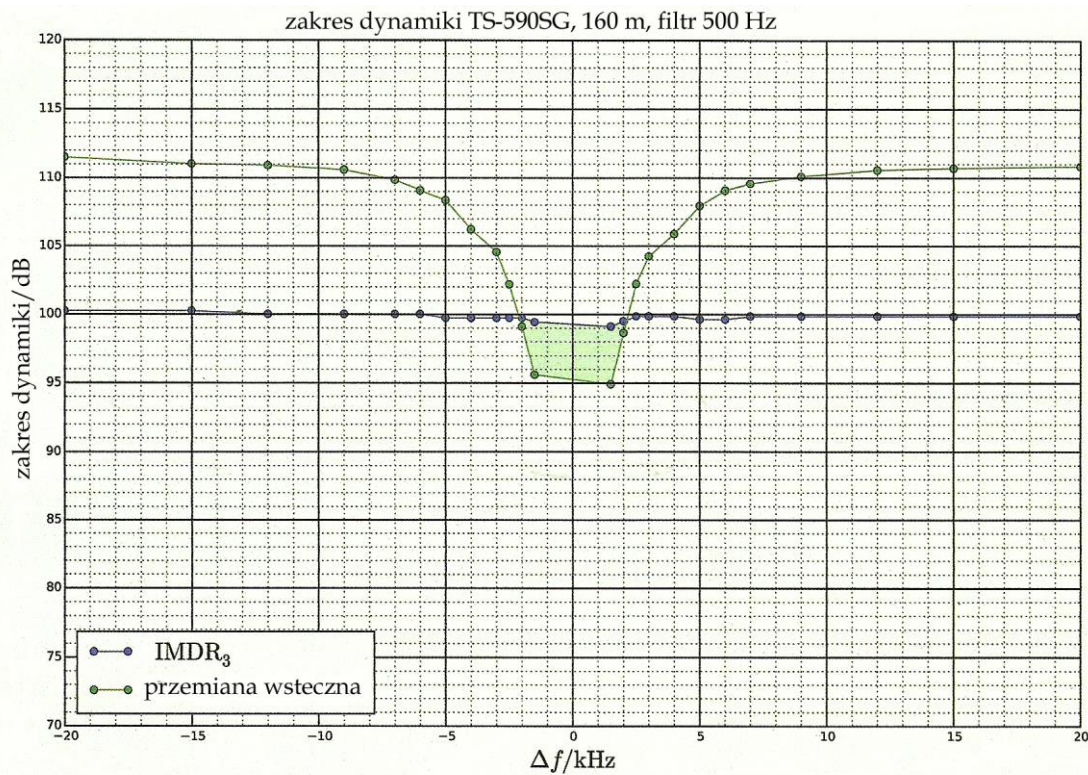
Ogólnie rzecz biorąc wyniki badań laboratoryjnych odbiornika TS-590SG są doskonałe i mogą się mierzyć z wynikami dla dużo droższego sprzętu.



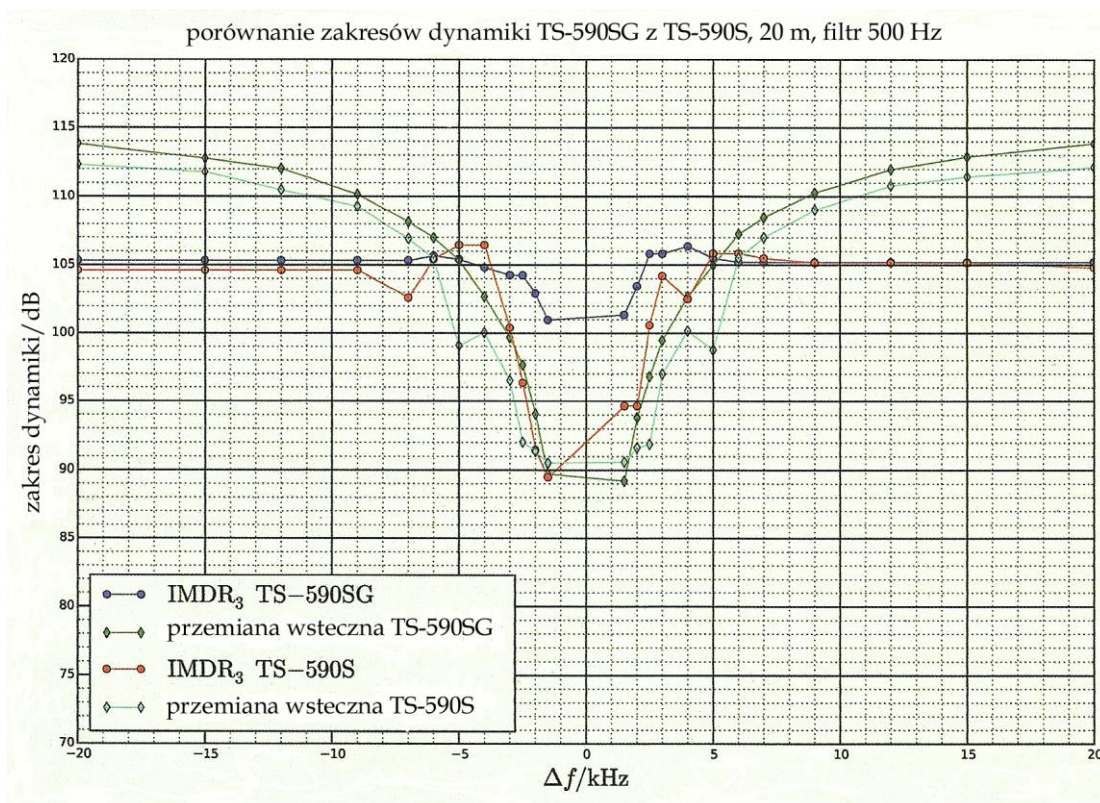
Rys 7.7. Zakres dynamiki wolny od składowych intermodulacyjnych trzeciego rzędu i wpływ przemiany wstecznej w paśmie 20 m (przykład dla odbiornika z podwójną przemianą częstotliwości)



Rys. 7.8. Zakres dynamiki wolny od składowych intermodulacyjnych trzeciego rzędu i wpływ przemiany wstecznej w paśmie 10 m (przykład dla odbiornika z potrójną przemianą częstotliwości)



Rys. 7.9. TS-590SG: Zakres dynamiki wolny od składowych intermodulacyjnych trzeciego rzędu i wpływ przemiany wstecznej w paśmie 160 m (przypadek szczególny dla odbiornika z podwójną przemianą częstotliwości)



Rys. 7.10. Porównanie zakresów dynamiki TS-590SG z poprzednikiem w paśmie 20 m z filtrem 500 Hz

Tabela 7.1

Wyniki pomiarów czułości przy wyłączonym przedwzmacniaczu i tłumiku. Dla pasma 20 m wynosi ona z włączonym przedwzmacniaczem -136 dBm, a z włączonym tłumikiem – -114,5 dBm.

Pasma	Minimalny odbieralny sygnał – czułość
160 m	-127,5 dBm
80 m	-128,5 dBm
40 m	-127,5 dBm
30 m	-130,5 dBm
20 m	-127,5 dBm
17 m	-131,5 dBm
15 m	-129,5 dBm
12 m	-131,0 dBm
10 m	-131,0 dBm

*Na podst. [1]*

Literatura i adresy internetowe

[1] „TS-590SG: Empfangsteil im Test”, Dr-Ing. Simon Schelkshorn, DJ4MZ, Dipl.-Ing. Matthias Jelen, DK4YJ, CQDL 7/2017, str. 30.

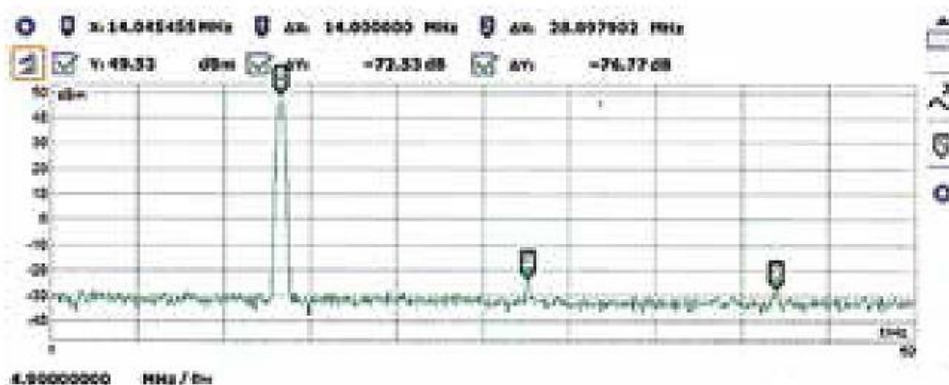
## 8. TS-590SG – Badania nadajnika Część 2

Część druga część jest poświęcona pomiarom nadajnika. Zbadane zostały: moc wyjściowa, zawartość harmoniczných, poziom składowych intermodulacyjnych, chwilowe początkowe przewyższenie mocy, charakterystyka częstotliwościowa m.cz. i moc na wyjściu dla transwertera. Opracowanie zawiera wybrane ilustracje i tabele z oryginału, przy zachowaniu oryginalnej numeracji.

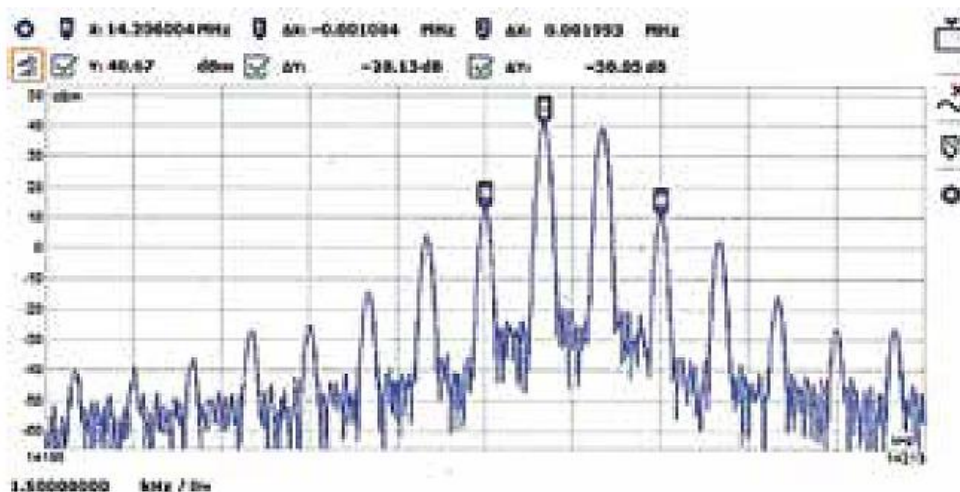
Pomiarów mocy dokonano w pasmach 160, 20 i 10 m przy nadawaniu sygnału telegraficznego. Wyniki dla sześciu zadanych poziomów mocy przedstawia tabela 8.2. Zmierzona moc wyjściowa jest zgodna z nastawioną.

Poziom harmoniczných

Dla tych samych pasm dokonano także pomiarów tłumienia harmoniczných przy pełnej mocy wyjściowej. Przykład wyników dla pasma 20 m przedstawia ilustracja 8.11, a w tabeli 8.3 podano wszystkie otrzymane wyniki.



Rys. 1. Harmoniczne sygnału nadawanego w paśmie 20 m



Rys. 2. Składowe intermodulacyjne w sygnale nadawanym w paśmie 20 m

Rys. 8.1 i 8.2

Poziom składowych intermodulacyjnych w sygnale nadawanym

Użyty w trakcie pomiarów generator R&S CMA180 dostarcza wymaganego do przeprowadzenia pomiaru czystego sygnału dwutonowego m.cz. Pomiaru w zależności od mocy wyjściowej nadajnika dokonano w paśmie 20 m.

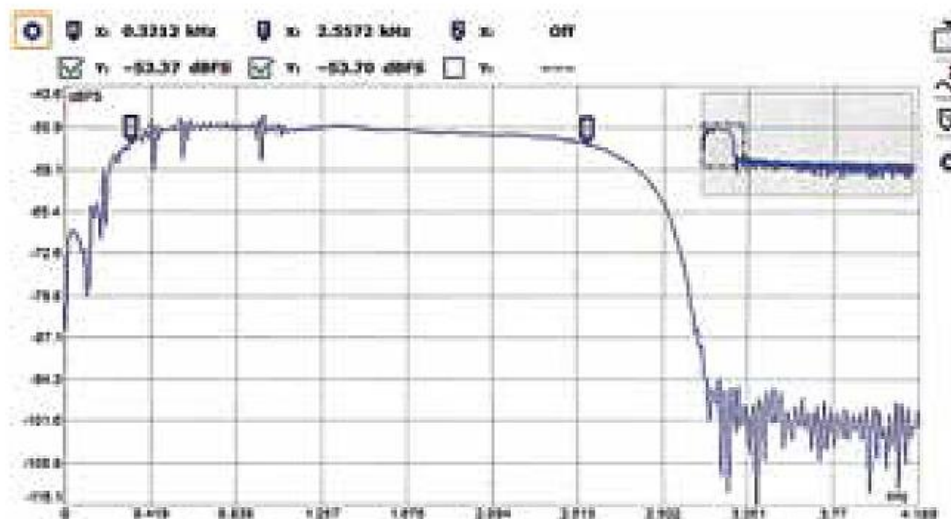
Wyniki pomiarów przy mocy 50 W PEP przedstawiono na rys. 8.12. Częstotliwości obu tonów wynosiły 1 i 2 kHz, a poziomy każdej ze składowych – ok. 41 dBm, co odpowiadało ok. 47 dBm (50 W) mocy szczytowej – PEP. Zauważalną po dokładniejszym przyjrzeniu się wykresowi 1 dB różnicę poziomów obu składowych można wytłumaczyć przebiegiem charakterystyki częstotliwościowej toru m.cz.

Pełne wyniki pomiarów zawiera tabela 8.4.

Uwagę zwraca fakt, że odstęp składowych intermodulacyjnych od poziomu nośnej jest przy 50 W mniejszy aniżeli przy 100 W. Może okazać się to pewną niedogodnością dla korzystających z dodatkowych wzmacniaczy mocy sterowanych mocami tego rzędu.



Rys. 13. Charakterystyka częstotliwościowa nadajnika



Rys. 14. Wysok mocy wyjściowej przy 100 W

Rys. 8.13 i 8.14

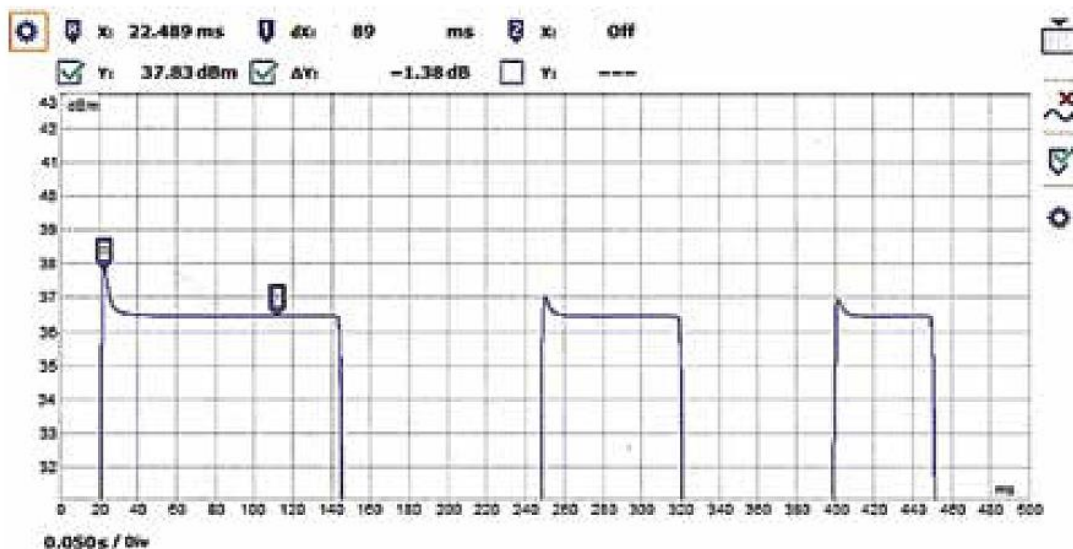
## Charakterystyka przenoszenia nadajnika

Dzięki generatorowi R&S CMA180 pomiar przeprowadza się w sposób nieskomplikowany ponieważ dostarcza on sygnału m.cz. o przemiętanej częstotliwości, który można od razu doprowadzić do gniazda mikrofonowego. CMA180 demoduluje nadawany sygnał w.cz. i przedstawia wynik (rys. 8.13) na wyświetlaczu. Znaczniki na wykresie znajdują się na poziomie -3 dB, co odpowiada częstotliwościom 320 i 2550 Hz. Jak wynika z wykresu spadek poziomu o ok. 1 dB daje się zauważyć już przy 2000 Hz. Jest to zgodne z różnicą poziomów obu tonów zauważoną przy pomiarze modulacji skrośnej. Zawarty w TS590SG cyfrowy korektor charakterystyki przenoszenia pozwala na jej modyfikację w szerokich granicach ale pomiar był przeprowadzony przy wyłączonym korektorze.

## Wyskok poziomu mocy

Szeroko dyskutowanym problemem modelu poprzedniego był wyskok (przewyższenie) poziomu mocy na początku nadawania. Szczególnie uciążliwe było to dla posiadaczy tranzystorowych wzmacniaczy mocy sterowanych niższą mocą z radiostacji ponieważ na początku nadawania były one często wyłączane przez układ zabezpieczający właśnie z powodu przesterowania trwającego tylko kilka milisekund. Wprawdzie Kenwood znalazł rozwiązanie tego problemu ale niemniej warto dokładniej zbadać tą sprawę w obecnym modelu.

Na rys. 8.14 przedstawiono przebieg mocy wyjściowej w funkcji czasu po pierwszym naciśnięciu klucza przy mocy 100 W. Przewyższenie jest praktycznie pomijalne (0,24 dB). Na rys. 8.15 przedstawiony jest identyczny pomiar ale przy mocy 5 W. Przewyższenie jest tutaj wyważniej widoczne (1,38 dB) ale jest i tak znacznie niższe aniżeli w niezmodyfikowanym modelu poprzednim. Nie jest to wprawdzie jeszcze idealna sytuacja ale w praktyce nie powinno to już powodować problemów. Wysoki (przewyższenia) mocy na początku nadawania występują również w niektórych modelach innych producentów – przyp. tłum.



Rys. 5. Wyskok mocy wyjściowej przy 5 W

Rys. 8.5

## Moc na wyjściu transwertera

Szczęśliwie Kenwood wyposażył TS-590SG w wyjście do sterowania transwertera co nie jest powszechne w tej klasie cenowej. Również na nim zostały zmierzone przewyższenia mocy, a dodatkowo także zmienność mocy w funkcji częstotliwości pracy, co było powodem do krytyki w poprzednim modelu. Pomiarów dokonano w pasmach 20 i 10 m. W obu pasmach regulowana moc wyjściowa leżała pomiędzy -1 i +10 dBm. Wahania w zakresie 28 – 28,7 MHz nie przekraczały 0,5 dB co można uznać

za wynik bardzo dobry. Niestety, jak widać z tabeli 8.5, sytuacja w paśmie 20 m jest wyraźnie gorsza. Różnica na krancach pasma wynosi 2,6 dB, co wymaga korekcji mocy przy zmianie częstotliwości pracy dla zapewnienia prawidłowegoysterowania transwertera. Ze względu na to, że wiele lepszych modeli transwerterów stosuje pasmo 20 m jako częstotliwość pośrednią zależność tą można uznać za wyraźny minus.

#### Podsumowanie

Wykonane pomiary potwierdzają bardzo dobre parametry odbiornika TS-590SG, mogące zwłaszcza w paśmie 20 m spokojnie konkurować z wyraźnie droższym sprzętem. Na pochwałę zasługuje szczególnie lepszy zakres dynamiki, co daje się udowodnić pomiarowo. W praktyce jednak ze względu na wpływ przemiany wstecznej jest on trudno zauważalny. W trudnych sytuacjach znacznie więcej korzyści daje zmodernizowany układ syntezer. Zamiana TS-590S na TS-590SG nie opłaca się jednak w większości przypadków.

Pod względem standardowych parametrów nadajnika (moc, tłumienie harmonicznych, zawartość składowych intermodulacyjnych) radiostacja spełnia pokładane w niej nadzieje, a niekorzystne zjawiska występujące u poprzednika zostały częściowo zlikwidowane. Problemy zauważalne we współpracy z transwerterami nie zostały zlikwidowane w dalszym ciągu.

Autorzy dziękują DG2MGR za wypożyczenie do pomiarów TS-590SG, DH7TNO – za TS-590S do porównań oraz firmie Rohde & Schwarz za udostępnienie aparatury pomiarowej.

Tabela 8.2

Zmierzona moc wyjściowa dobrze zgadza się z zadaną

Moc zadana	160 m	20 m	10 m
5 W	4,4 W	4,7 W	4,6 W
10 W	9,0 W	9,4 W	9,4 W
25 W	22,9 W	23,8 W	23,7 W
50 W	46,3 W	47,6 W	47,7 W
75 W	68,3 W	69,9 W	70,0 W
100 W	94,0 W	95,5 W	95,5 W

Tabela 8.3

Pełne wyniki pomiarów poziomu harmonicznych

Parametr	160 m	20 m	10 m
Moc nośnej	49,7 dBm (93,3 W)	49,7 dBm (93,3 W)	48,9 dBm (77,6 W)
2 harmoniczna	-56 dBc	-73 dBc	-74 dBc
3 harmoniczna	-70 dBc	-76 dBc	-71 dBc

Tabela 8.4

Poziom składowych intermodulacyjnych trzeciego i piątego rzędu

Moc wyjściowa PEP	IM3	IM5
37 dBm (5 W)	-35 dBc	-60 dBc
47 dBm (50 W)	-30 dBc	-37 dBc
50 dBm (100 W)	-34 dBc	-33 dBc



Tabela 8.5

Moc na wyjściu transwertera w funkcji częstotliwości w paśmie 20 m

Częstotliwość	Moc
14,00 MHz	5,4 dBm
14,05 MHz	5,9 dBm
14,10 MHz	6,3 dBm
14,15 MHz	6,7 dBm
14,20 MHz	7,1 dBm
14,25 MHz	7,5 dBm
14,30 MHz	7,8 dBm
14,35 MHz	8,0 dBm

*Na podst. [1]*Literatura i adresy internetowe

[1] „TS-590SG: Empfangsteil im Test”, Dr-Ing. Simon Schelkshorn, DJ4MZ, Dipl.-Ing. Matthias Jelen, DK4YJ, CQDL 8/2017, str. 24.

[2] „Badania odbiornika TS-590SG”, Dr-Ing. Simon Schelkshorn, DJ4MZ, Dipl.-Ing. Matthias Jelen, DK4YJ, tłum. Krzysztof Dąbrowski OE1KDA, Świat Radio 9/2016

## 9. RSP1 odbiornik z cyfrową obróbką sygnałów firmy SDRplay

Produkowany przez firmę SDRplay programowalny odbiornik RSP1 pokrywa szeroki zakres częstotliwości i dzięki niskiej cenie ułatwia wejście w świat cyfrowej obróbki sygnałów. W obecności silnych sygnałów wymaga jednak starannego doboru ustawień dla uniknięcia niebezpieczeństwa przesterowania.



RSP1 jest odbiornikiem atrakcyjnym dla wszystkich, których od praktycznego zajęcia się cyfrową obróbką sygnałów odstraszała cena urządzeń. Odbiornik zwany również przez producenta procesorem widma radiowego pokrywa w sposób ciągły szeroki zakres częstotliwości od 10 kHz do 2 GHz (czyli m.in. wszystkie pasma amatorskie od 137 kHz do 23 cm).

Jak w większości współczesnych odbiorników programowalnych sygnały radiowe są przetwarzane na postać cyfrową po przejściu przez możliwie krótki tor odbiorczy (schemat na rys. 9.4). Strumień uzyskanych danych jest

przekazywany do komputera poprzez złącze USB, gdzie jest on dalej przetwarzany przez program odbiorczy. W komplecie z odbiornikiem dostarczany jest wprawdzie program *SDRuno*, ale możliwe jest użycie wielu innych programów z tej kategorii dla systemów Windows (m.in. *HDSDR*, *SDR#*, *SDR Console*), MacOS, Linux i Android. RSP1 może współpracować także z „Maliną” 2 czy 3 albo innymi mikrokomputerami tej samej klasy.

Pomimo niskiej ceny nie można RSP1 zaliczyć do rozwiązań z dolnej półki. Zawiera on 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy o częstotliwości próbkowania 2 – 10,66 MPróbek/s, przedwzmacniacz o regulowanym wzmacnieniu i zestaw filtrów wejściowych. Bardziej, w porównaniu z popularnymi odbiornikami DVB-T, rozbudowany układ wejściowy nie zapewnia jednak dostatecznej odporności na przesterowanie.

Zestaw ośmiu automatycznie przełączanych filtrów wejściowych zawiera: filtr dolnoprzepustowy 12 MHz, filtry pasmowe 12 – 30, 30 – 60, 60 – 120, 120 – 250, 250 – 420, 420 – 1000 MHz i filtr górnoprzepustowy 1000 MHz (przyp. tłum.).

### Czarna skrzynka

Odbiornik mieści się w czarnej plastikowej obudowie o wymiarach 95 x 80 x 30 mm. Na zewnątrz widoczne są jedynie gniazdko antenowe SMA i gniazdko USB typu B (złącze USB 2.0). W kabel USB i ewentualną przejściówkę z SMA na BNC, N albo UC1 trzeba się jednak zaopatrzyć oddzielnie. Autor testu zaleca aby kabel USB posiadał pierścienie ferrytowe tłumiące sygnały mogące zakłócić pracę odbiornika. RSP1 jest zasilany ze złącza USB i nie wymaga oddzielnego zasilania. Po podłączeniu anteny i kabla USB jest on gotów do pracy.

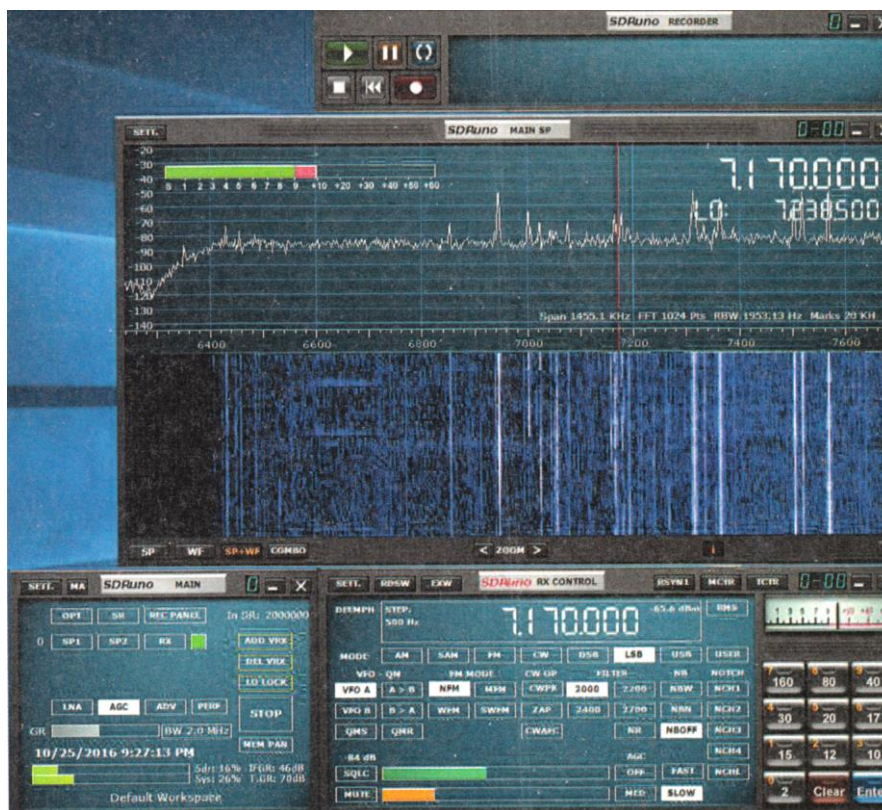
### SDRplay w działaniu

Możliwości i właściwości odbiorników programowalnych zależą głównie od użytego oprogramowania. Może ono przykładowo pozwalać na odbiór stereofoniczny UKF albo nie. Odbiornik RSP1 posiada niskoszumny wzmacniacz wstępny (*VLNA*) o regulowanym wzmacnieniu i dopasowane do niego oprogramowanie musi pozwalać na regulację wzmacnienia lub całkowite jego wyłączenie aby zapobiec przesterowaniu przez silne sygnały stacji radiofonicznych lub innych.

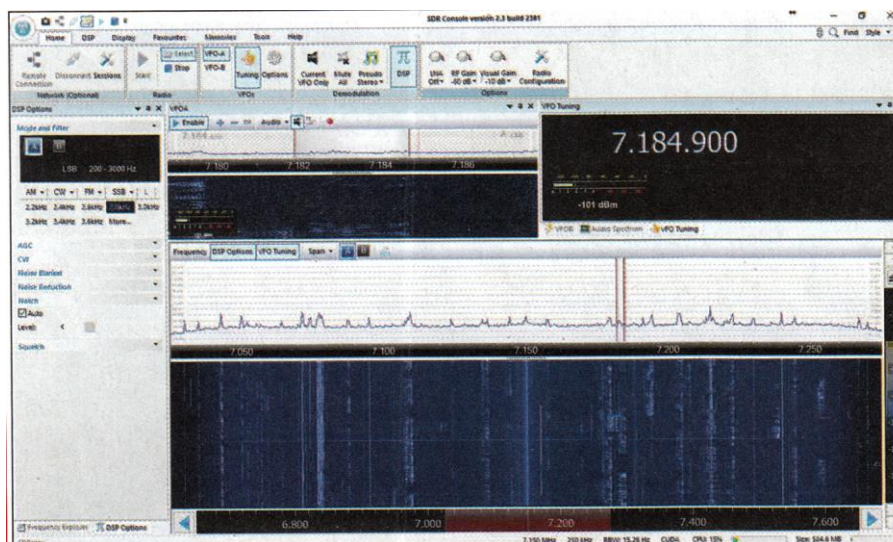
W ramach testu autor porównał programy *SDRuno* i *SDR Console* ([4]). *SDR Console* zyskał lepszą ocenę dzięki wygodniejszej i łatwiejszej do opanowania powierzchni obsługi. Zasadnicze możliwości obu z nich są do siebie zbliżone, a *SDRuno* pozwala nawet na obsługę kilku odbiorników równolegle więc wybór programu pozostaje kwestią indywidualnych upodobań.

Atrakcyjny zakres odbioru jest podzielony na segmenty 10 MHz, wewnątrz których odbiornik jest przestrajany w ramach płynnie przesuwanego okna o szerokości 260 kHz. Oprócz przestrajania za pomocą kółka myszy lub przez naciskanie myszą na wskaźnik widma możliwe jest też wpisywanie częstotli-

wości na klawiaturze. Zależnie od stosowanego oprogramowania odbierane pasmo może być obserwowane na wskaźniku widma, wodospadowym lub na obu. Szerokość pasma p.cz. jest przełączana w zakresie 200 kHz – 8 MHz (przyp. tłum.).



Rys. 9.1. Odbiór SSB w paśmie 40 m przy użyciu programu *SDRuno*. Na ekranie widoczne okna dla pojedynczego odbiornika, ale program może obsługiwać kilka równolegle



Rys. 9.2. Odbiór SSB w paśmie 40 m przy użyciu programu *SDR Console*

Obydwa wymienione programy pozwalają wprawdzie na wyłączenie przedwzmacniacza, ale tłumienie daje się regulować wygodniej w *SDR Console*. W większości przypadków dobrze spisują się wprawdzie ustawienia domyślne, ale czasami niezbędna jest ich zmiana dla zapobieżenia przesterowaniom. Oba programy są wyposażone w detektory synchroniczne AM, pozwalają na odbiór stereofoniczny UKF i dekodują sygnały RDS.

Odbiornik jest bardzo czuły zwłaszcza z zakresie UKF, ale maksimum czułości nie pokrywa się z maksymalnym zakresem dynamiki. Dla włączonego przedwzmacniacza maksymalną czułość uzyskuje się



RSP1 może być też świetnym odbiornikiem stacijnym dla stacji QRP (do przełączania anteny autor proponuje zastosowanie opisanego w poz. [2] automatycznego przełącznika antenowego) albo służyć jako zdalnie dostępny odbiornik internetowy. Dalsze funkcje i udoskonalenia – w granicach możliwości sprzętowych – pojawiają się z pewnością w miarę udoskonalania oprogramowania.

Model RSP2 posiada trzy przełączane wejścia antenowe i zestaw dziesięciu filtrów wejściowych dzięki czemu może stać się interesującą alternatywą dla RSP1 – przyp. tłum.

Tabela 9.1

Pomiary odbiornika RSP1 o numerze seryjnym H070716

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL						
Zakres częstotliwości: 0,01 MHz – 2 GHz	0,1 MHz – 2 GHz						
Zasilanie: wyłącznie przez złącze USB	Zgodnie z danymi producenta						
Emisje: SSB, CW, AM i FM	Zgodnie z danymi producenta						
Odbiornik	Dynamiczne badania odbiornika						
Czułość typ. -136 dBm (z włączonym przedwzmacniaczem)	Poziom szumów: pasmo 400 Hz, przedwzmacniacz włączony: 137 kHz, -127 dBm; 475 kHz, -136 dBm; 3,5 MHz, -139 dBm; 14 MHz, -137 dBm; 14 MHz, -114 dBm (przewzm. wył.); 50 MHz, -139 dBm; 144 MHz, -141 dBm; 222 MHz, -144 dBm; 440 MHz, -145 dBm; 902 MHz, -145 dBm; 1296 MHz, -144 dBm						
Współczynnik szumów: nie podany	14 MHz, 10 dB; 144 MHz, 6 dB; 440 MHz, 2 dB						
Czułość AM: nie podana	Dla odstępu sygnał/szum 10 dB, pasma 6 kHz: 1,020 MHz, 3,16 $\mu$ V; 3,885 MHz, 1,97 $\mu$ V; 50,4 MHz, 1,97 $\mu$ V; 120 MHz, 1,02 $\mu$ V; 144 MHz, 1,24 $\mu$ V						
Czułość FM: nie podana	Dla odstępu 12 dB SINAD, pasma 12 kHz; 29 MHz, 0,28 $\mu$ V; 52 MHz, 0,28 $\mu$ V; 146 MHz, 0,50 $\mu$ V; 162 MHz, 0,15 $\mu$ V; 223 MHz, 0,15 $\mu$ V; 440 MHz, 0,14 $\mu$ V; 902 MHz, 0,19 $\mu$ V; 1296 MHz, 0,22 $\mu$ V						
Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem: nie podany	Zakres dynamiki ograniczony blokowaniem, pasmo 400 Hz*): <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">odstęp 20 kHz</td> <td style="text-align: center;">odstęp 5/2 kHz</td> </tr> <tr> <td>14 MHz</td> <td style="text-align: center;">59 dB</td> <td style="text-align: center;">59/59 dB</td> </tr> </table>		odstęp 20 kHz	odstęp 5/2 kHz	14 MHz	59 dB	59/59 dB
	odstęp 20 kHz	odstęp 5/2 kHz					
14 MHz	59 dB	59/59 dB					
Zakres dynamiki ograniczony przemianą wsteczną (pasmo 400 Hz): nie podany	14 MHz, odstęp 20/5/2 kHz: 72/72/72 dB**)						
Zakres dynamiki dwutonowy trzeciego rzędu (pasmo 400 Hz)							
Pasmo/przedwzm.	odstęp	zmierzony poziom składowych intermod.	zmierzony poziom wejściowy	zakres dynamiki			
14 MHz/wył.	20 kHz	-114 dBm	-42 dBm	72 dB			
		-97 dBm	-42 dBm				
14 MHz/wył.	5 kHz	-114 dBm	-42 dBm	72 dB			
		-97 dBm	-42 dBm				
14 MHz/wył.	2 kHz	-114 dBm	-42 dBm	72 dB			
		-97 dBm	-42 dBm				
Punkt przecięcia drugiego rzędu: nie podany	Przedwzmacniacz wył./włącz., 14 MHz, +23/+21 dB; 144 MHz, +39/+39 dB						
Tłumienie kanałów sąsiednich FM: nie podane	29 MHz, 49 dB; 52 MHz, 49 dB; 144 MHz, 53 dB; 440 MHz, 40 dB +)						

Dwutonowy zakres dynamiki trzeciego rzędu FM: nie podany	Przedwzmacniacz włączony, odstęp 20 kHz: 29 MHz, 49 dB +); odstęp 10 MHz: 29 MHz, 80 dB; 52 MHz, 78 dB; 144 MHz, 77 dB; 440 MHz, 76 dB
Czułość blokady szumów: nie podana	29, 52, 144 MHz, 0,12 1 $\mu$ V ; 440 MHz 0,09 1 $\mu$ V
Cyfrowa redukcja szumów: nie podana	26 dB
Tłumienie filtra zaporowego: nie podane	tylko automatyczny filtr, 27 dB
Charakterystyka częstotliwościowa p.cz./m.cz.: nie podana	Granice na poziomie -6 dB i pasmo ++): CW (400 Hz): 298 – 700 Hz (pasmo 400 Hz) Równoważna szerokość pasma dla charakterystyki prostokątnej: 397 Hz USB (2,4 kHz): 203 – 2601 Hz (pasmo 2398 Hz) LSB (2,4 kHz): 203 – 2601 Hz (pasmo 2398 Hz) AM (6 kHz): 15 – 6004 Hz (pasmo 5986 Hz)
Opóźnienie w wyniku przetwarzania komputerowego: nie podane	336 ms
Wymiary (szerokość, głębokość, wysokość): 95 x 80 x 30 mm, masa 110 g	
*) Pomiar zakresu dynamiki ograniczonej blokowaniem i przemianą wsteczną przy włączonej ARW	
**) przemiana wsteczna (ang. <i>reciprocal mixing</i> ) nie wystąpiła aż do przesterowania przetwornika a/c	
+) Wyniki pomiarów ograniczone na podanej wartości przez szumy fazowe	
++) Wartości domyślne; szerokość pasma i częstotliwość graniczna regulowane	

Na podst. [1]

#### Literatura i adresy internetowe

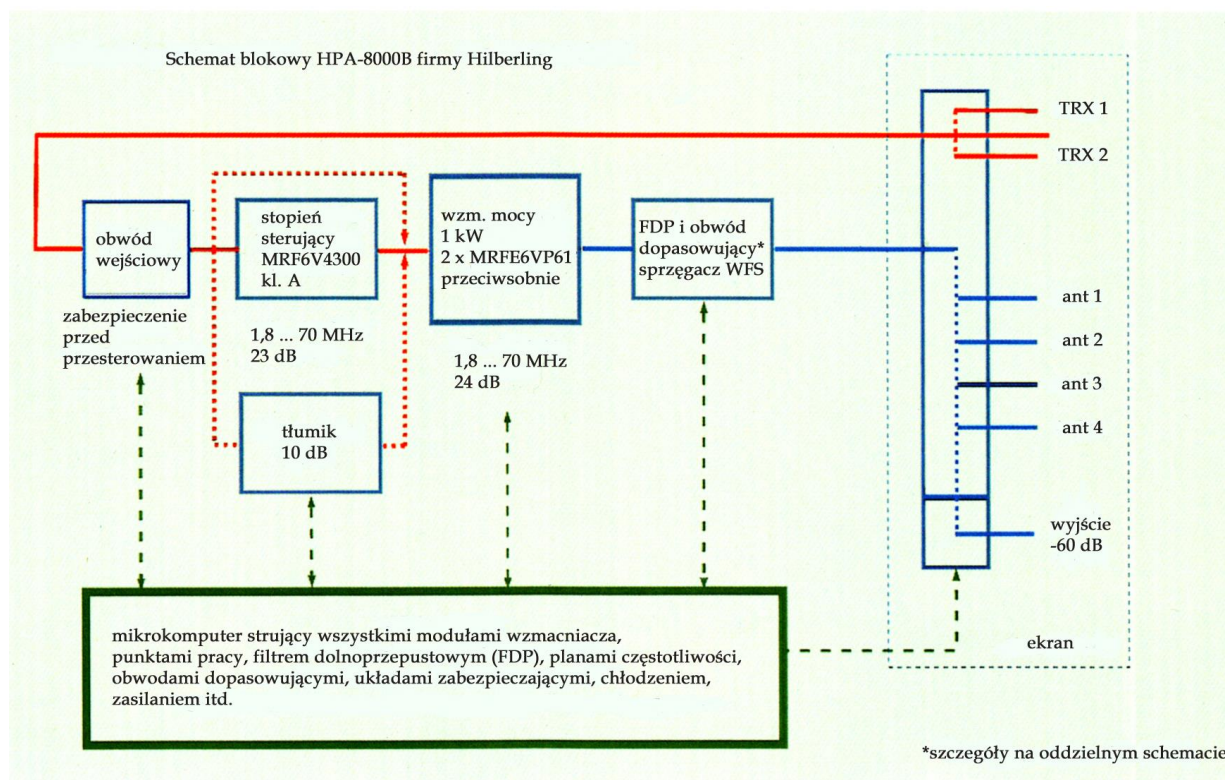
- [1] „SDRplay RSP1 Radio Spectrum Procesor”, Steve Ford, WB8IMY, QST 2/2017, str. 59
- [2] „Pacific antenna easy TR switch kit”, Paul Danzer N1II, QST 2/2017, str. 63
- [3] [www.sdrplay.com](http://www.sdrplay.com) – witryna producenta
- [4] [sdr-radio.com/Software](http://sdr-radio.com/Software)

### 10. Wzmacniacz mocy HPA-8000B firmy Hilberling

Radiostacja KF i UKF PT-8000A jest już od lat używana przez krótkofalowców z wielu krajów i spełnia wysokie wymagania nabywców. Od początku 2016 roku dostępny jest, dopasowany do niej wyglądem i poziomem rozwiązań technicznych, wzmacniacz mocy HPA-8000B. Nie jest on jednak jedynie pasującym uzupełnieniem PT-8000A. Przy cenie niemal 6000 euro nasuwa się pytanie czy jego parametry i koncept techniczny są tego warte.



Fot. 10.1. Wzmacniacz zakupiony przez autora testu w maju 2016 roku nosi numer 16050120. Nabywca może wybrać kolor pasujący do płyty czołowej PT-8000A



Rys. 10.2. Uproszczony schemat blokowy HPA-8000B. Sam moduł w.c.z. stanowi najmniejszą część wzmacniacza. Sterowanie i programowe ustawienia roboczych parametrów stopnia mocy, filtra dolnoprzepustowego i obwodów dopasowujących wymagają znacznej mocy obliczeniowej. Na schemacie pominięto zasilacz

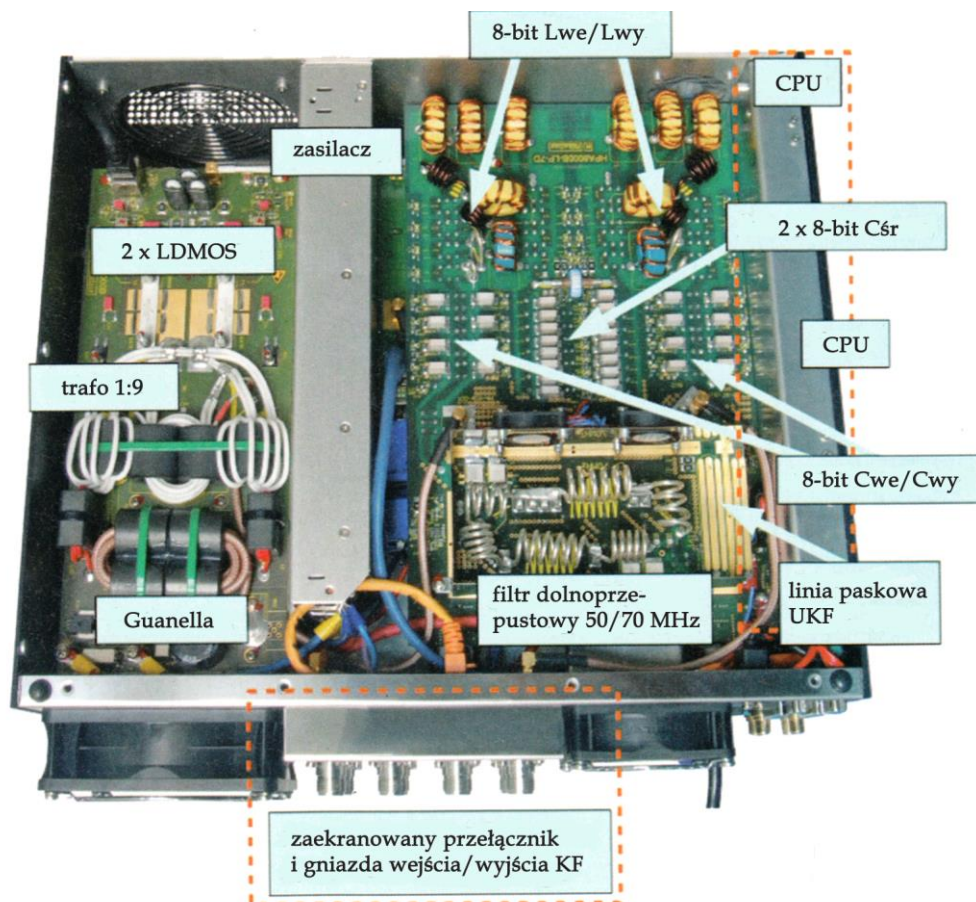
Załączona instrukcja obsługi jest wystarczająco obszerna i zrozumiała, a prospekt zawiera schemat blokowy wzmacniacza dostatecznie jasno przedstawiający jego rozwiązanie techniczne. Dokładne schematy ideowe są obecnie rzadko udostępniane nabywcom i HPA-8000B nie jest pod tym względem wy-

jątkiem. Stopień komplikacji układu i jego sterowanie mikroprocesorowe uniemożliwiają całkowicie samodzielne naprawy, ale brak schematu nie pozwala również na pełne zaspokojenie zainteresowania zastosowanymi tu rozwiązaniami technicznymi. Zdjęcia i szczegółowe opisy wzmacniacza zawiera też internetowa witryna producenta [2].

Przy masie 20 kg wysyłka pocztowa wymaga specjalnego opakowania, za które nabywca płaci dodatkowo 75 euro, ale opakowanie to może się przydać w przypadku odsyłania wzmacniacza do naprawy do producenta.

Analizując schemat zauważa się, że zarówno w stopniu sterującym jak i w stopniu końcowym pracują moduły tranzystorowe LDMOS. Moduły typów BLF188XR, BLF578, NXP MRFE6VP61K25 lub najnowsze MRF1K50H są stosowane nie tylko w HPA-8000B ale i w innych wzmacniaczach klasy 1 – 1,5 kW.

W końcówce HPA-8000B pracują dwa takie systemy bliźniaczych LDMOS (przewidziane do pracy w stopniach przeciwsobnych) charakteryzujące się zmniejszoną pojemnością bramki, wspólnym wyprowadzeniem źródeł na kołnierzu montażowym i wyższym napięciem przebicia źródło-dren. Dzięki temu możliwe jest zasilanie wzmacniacza napięciem 50 V, co znacznie upraszcza konstrukcję transformatorów w porównaniu z rozwiązaniami 13,5-woltowymi.



Fot. 10.3. Moduły wzmacniacza dają się łatwo rozpoznać. Sam moduł w.cz. jest najmniejszym z nich.

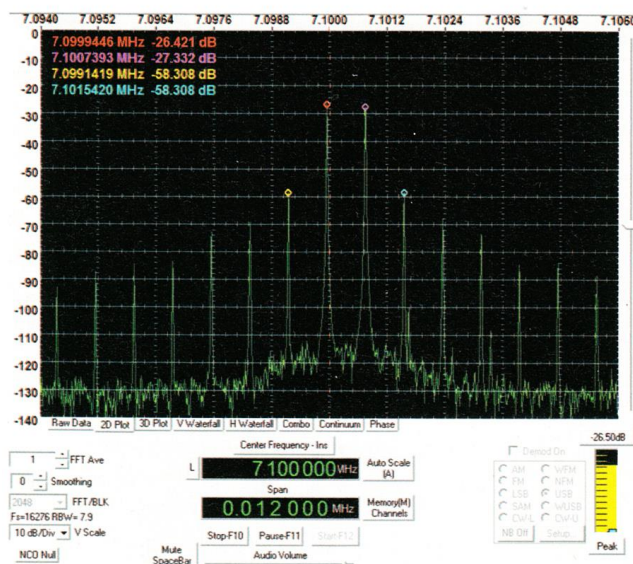
Pod płytką drukowaną filtra dolnoprzepustowego i obwodów dopasowujących znajduje się drugi zasilacz i płytka wzmacniacza sterującego

#### Stopień mocy na dwóch zintegrowanych systemach LDMOS

W HPA-8000B użyto dwóch, produkowanych od lat, zintegrowanych systemów połączonych równolegle, co dzięki wspomnianym już niskim pojemnościom źródło-bramka nie nastręczało większych problemów. Oba podwójne systemy pracują w układach przeciwsobnych, a każdy z nich może dostarczać 1,2 kW mocy. Konstrukcja ta posiada więc znaczne rezerwy, co zresztą skutecznie przyczynia się do zapewnienia jej liniowości.



Przy 50 V oporności wewnętrzne modułów wynoszą w przybliżeniu  $3 \Omega$ , co wypadkowo daje oporność około  $6 \Omega$ , którą można bez trudności przetransformować na  $50 \Omega$  za pomocą transformatora o przekładni 1:9. Na wyjściu transformatora dopasowującego znajduje się desymetryzator w układzie Guanelli, tak że sygnał wyjściowy jest podawany niesymetrycznie na filtr dolnoprzepustowy.



Fot. 10.4. Pomiary potwierdzają podane w prospekcie Hilberlinga wartości IMA3. Ilustracja przedstawia wynik dodatkowego pomiaru na 7 MHz przy mocy 1000 WPEP. IMA3 wynosi 31,9 wzgl. 31,0 dBc. Producenci podają często wartość IMA w dBpep ponieważ daje to wartość liczbową o 6 dB wyższą. Autor woli jednak podać odczytywaną bezpośrednio wartość w dBc

#### Schemat blokowy HPA-8000B

Na rys. 2. przedstawiony jest schemat blokowy wzmacniacza, a rys. 3 obrazuje rozmieszczenie poszczególnych części i modułów układu. Pracą wzmacniacza steruje mikrokomputer oznaczony na ilustracjach skrótem CPU. Odczytuje i nadzoruje on wartości wszystkich istotnych parametrów, takich jak temperatura, napięcia, prądy, moce na wejściu i wyjściu i w razie potrzeby włącza układy zabezpieczające przed uszkodzeniem wzmacniacza. W torze krótkofalowym w zależności od sytuacji włączany jest dodatkowo albo wzmacniacz sterujący o wzmacnieniu 23 dB albo tłumik 10 dB. Wypadkowy, przełączany trójstopniowo, zakres wzmacnienia rozciąga się więc od 14 do 47 dB. Pozwala to na wykorzystanie wzmacniacza z wieloma modelami radiostacji, w tym również ze sprzętem własnej konstrukcji albo z radiostacjami programowalnymi (SDR) o mocach wyjściowych 100 mW. Do wyboru są trzy zakresy mocy sterowania: 100 mW, 5 W i 50 W, przy czym mikroprocesor zabezpiecza stopień wejściowy i resztę układu przed uszkodzeniami w wyniku przesterowania.

Z pomiarów przedstawionych w tabeli 1 wynika, że do osiągnięcia 750 W wystarczą moce sterujące odpowiednio poniżej 10 mW, 5 W względnie 50 W. Pozwala to przykładowo na wysterowanie HPA-8000B z wyjścia XVTR radiostacji Flex-6000, dostarczającego mocy +10 dBm czyli 10 mW.

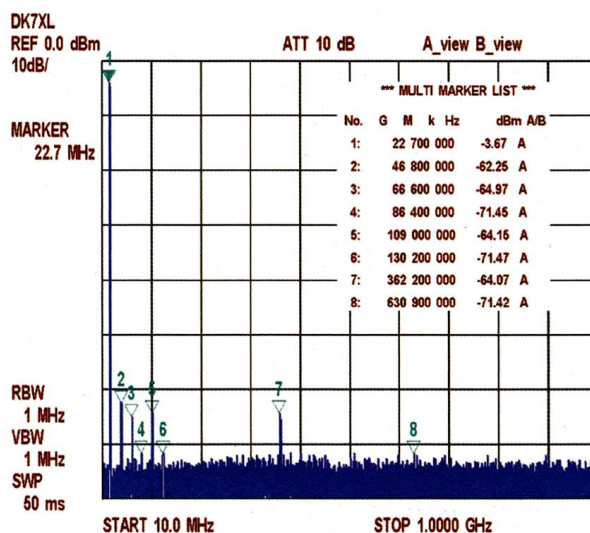
#### Chłodzenie – najpoważniejszy problem wzmacniaczy mocy

Przy obecnym stanie techniki problemem nie jest osiągnięcie znacznych mocy wyjściowych, a odprowadzenie ciepła wytwarzanego na stosunkowo małej powierzchni  $1 \text{ cm}^2$ .

W zastosowanych tranzystorach LDMOS dopuszczalne są wprawdzie temperatury 150 stopni na kołnierzu montażowym, ale stanowią one czynnik ograniczający odporność tranzystorów na niedopasowanie na wyjściu. Według danych katalogowych tranzystory wytrzymują temperatury 225 stopni.

O skuteczności chłodzenia decyduje oporność cieplna między kołnierzem montażowym a radiatorem. Przy założeniu  $0,10 \text{ }^\circ\text{K/W}$  dla mocy 500 W różnica temperatur między kołnierzem i radiatorem wynosi  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

W HPA-8000B zastosowano wypróbowane rozwiązanie: ciepło jest odprowadzane do płyty miedzianej o wystarczającej grubości i dopiero z niej do chłodzonego powietrzem radiatora. Dla zapewnienia niskiej oporności cieplnej obudowy tranzystorów są przylutowane do tej miedzianej płyty, co jednak uniemożliwia wymianę tranzystorów przez użytkowników. Nie mogą oni również regulować (dostosowywanych programowo do warunków pracy) prądów spoczynkowych tranzystorów.



Fot. 10.5. Tłumienie harmonicznych. Wyniki przykładowego pomiaru na częstotliwości nadawania 21 MHz przy mocy 750 W. Zakres pomiarowy rozciąga się do 1 GHz

#### Regulacje prądów spoczynkowych i napięcia zasilania

Dla zapewnienia możliwie największej liniowości wzmacniacza konieczne jest dobranie właściwego prądu spoczynkowego. W nowoczesnych wzmacniaczach półprzewodnikowych nie wystarcza jednak zwykle ustawienie stałej wartości za pomocą potencjometru. W HPA-8000B prądy spoczynkowe stopni mocy i sterującego są ustawiane przez mikrokomputer w zależności od częstotliwości pracy. Dodatkowo, również w zależności od częstotliwości dobierane jest napięcie zasilania drenów. Szczególną uwagę zwrócono na poziom składowych intermodulacyjnych (liniowość) stopnia sterującego gdyż dla osiągnięcia wystarczająco dobrej liniowości całego toru musi ona być lepsza od liniowości stopnia końcowego. Dzięki wspomnianym ustawieniom zależnym od częstotliwości pracy i doborze parametrów filtra dolnoprzepustowego uzyskano imponujące wyniki, udokumentowane zresztą w prospekcie firmowym.

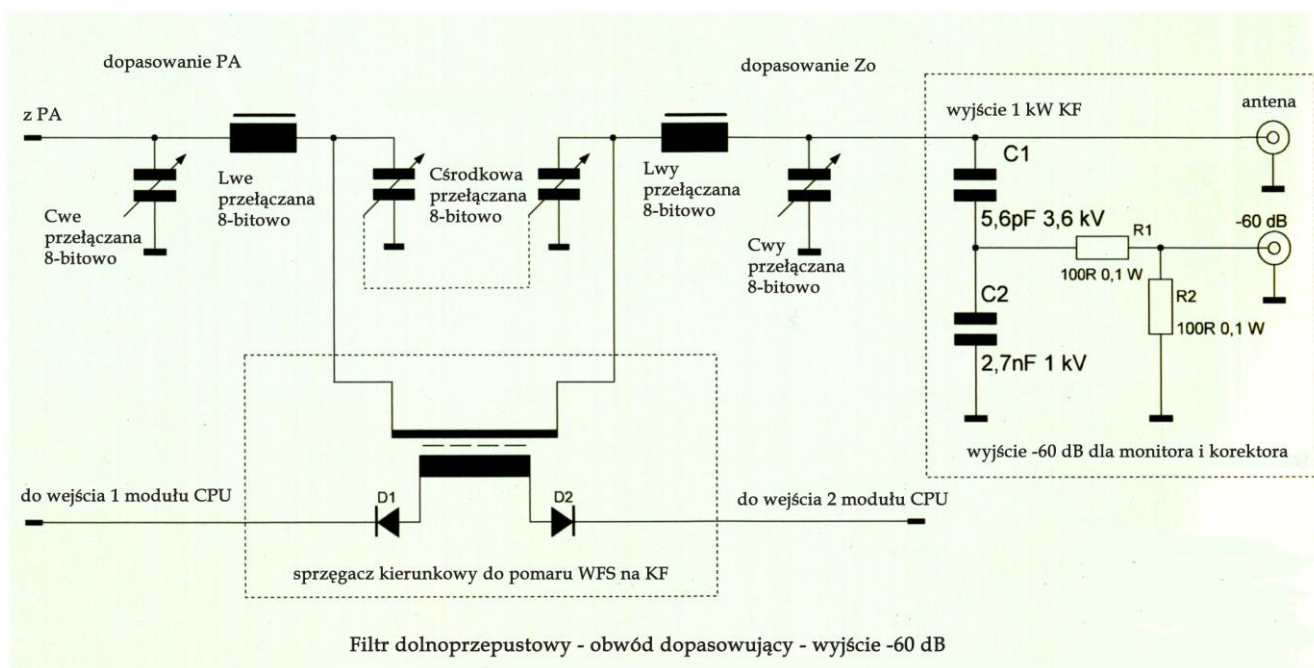
Wyniki pomiarów przedstawione na ilustracji 10.4 uzyskano sterując wzmacniacz z nadajnika PT-8000A. Harmoniczne w zakresie do 30 MHz są tłumione do poziomu -50 dBc, a powyżej – do poziomu -70 dBc. Przykładowe pomiary na częstotliwościach 14, 28 i 70 MHz nie wykazały niczego szczególnego.

Nowość: filtr dolnoprzepustowy służący jednocześnie jako obwód dopasowujący

Dla zapewnienia dobrej liniowości decydująca jest także struktura filtra wyjściowego. Impedancja wyjściowa wzmacniaczy ulega zmianom w szerokim zakresie mocy i częstotliwości, co oznacza konieczność przyjęcia w konstrukcji filtrów rozwiązań kompromisowych zapewniających satysfakcjonującą czystość sygnału i sprawność wzmacniacza. Osiągnięty kompromis może jednak zostać zniweczony w warunkach niedopasowania na wyjściu, dlatego najczęściej wzmacniacze są wyposażone w obwody dopasowujące antenę. Wbrew rozpowszechnionemu przekonaniu nie służą one do dopasowania anteny, a jedynie do zapewnienia wzmacniaczowi takiego obciążenia, przy którym może on dostarczyć pełnej mocy wyjściowej bez obawy uszkodzenia. Impedancje wejściowa anteny nie ulega żadnym zmianom.

W zakresie fal krótkich zastosowano w HPA-8000B nowatorskie rozwiązanie. Obwód dopasowujący CLC stanowi jedną całość z filtrem dolnoprzepustowym CLC (rys. 10.6). Filtr dolnoprzepustowy (FDP)

piątego rzędu został w tej konstrukcji podzielony na dwa człony LC. Dzięki temu, że środkowa pojemność Cśr filtru została podzielona na dwie części, w obu kierunkach widoczna jest impedancja  $25 \Omega$ . Obie połowki filtru są połączone ze sobą poprzez sprzęgacz kierunkowy. Pozwala to na ocenę sytuacji panującej po stronie PA i na dobór kombinacji elementów wejściowych Lwe i Cwe dla otrzymania optymalnego dopasowania i tłumienia harmonicznych. Jednocześnie oceniana jest sytuacja po stronie anteny i stopień niedopasowania do  $50 \Omega$ . Mikroprocesor znajduje interaktywnie w kilku krokach optymalne wartości elementów Lwy i Cwy, przy czym dokładność ustawień wynosi 8 bitów (czyli jednej z 256 wartości dla każdego z nich). Ustawienia elementów dla każdego z pasm lub nawet dla ich podzakresów są zapamiętywane przez mikrokomputer. W pasmach 50 i 70 MHz stosowane są zamiast tego konwencjonalne filtry dolnoprzepustowe siódmego rzędu, zapewniające wytlumienie harmonicznych do poziomu  $-70 \text{ dBc}$ . Dla tych pasm wzmacniacz nie posiada obwodów dopasowujących antenę.

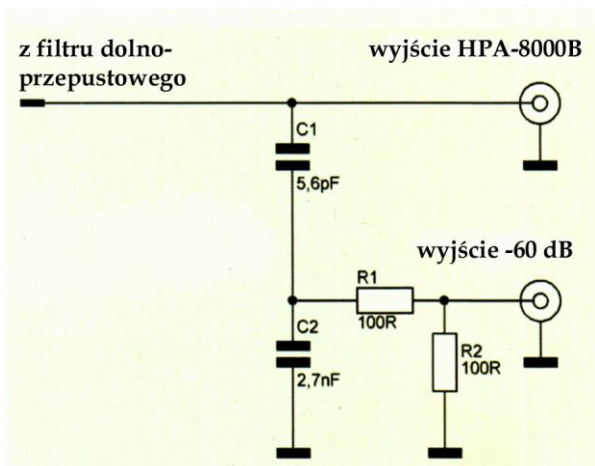


Rys. 10.6. Schemat filtru dolnoprzepustowego połączonego z obwodem dopasowania anteny. Pomiar WFS następuje w miejscu połączenia wzmacniacza mocy z filtrem i obwodami dopasowującymi. Za obwodem dopasowującym znajduje się wyjście stłumionego o 60 dB sygnału przeznaczonego dla monitora transmisji i korektora przebiegu

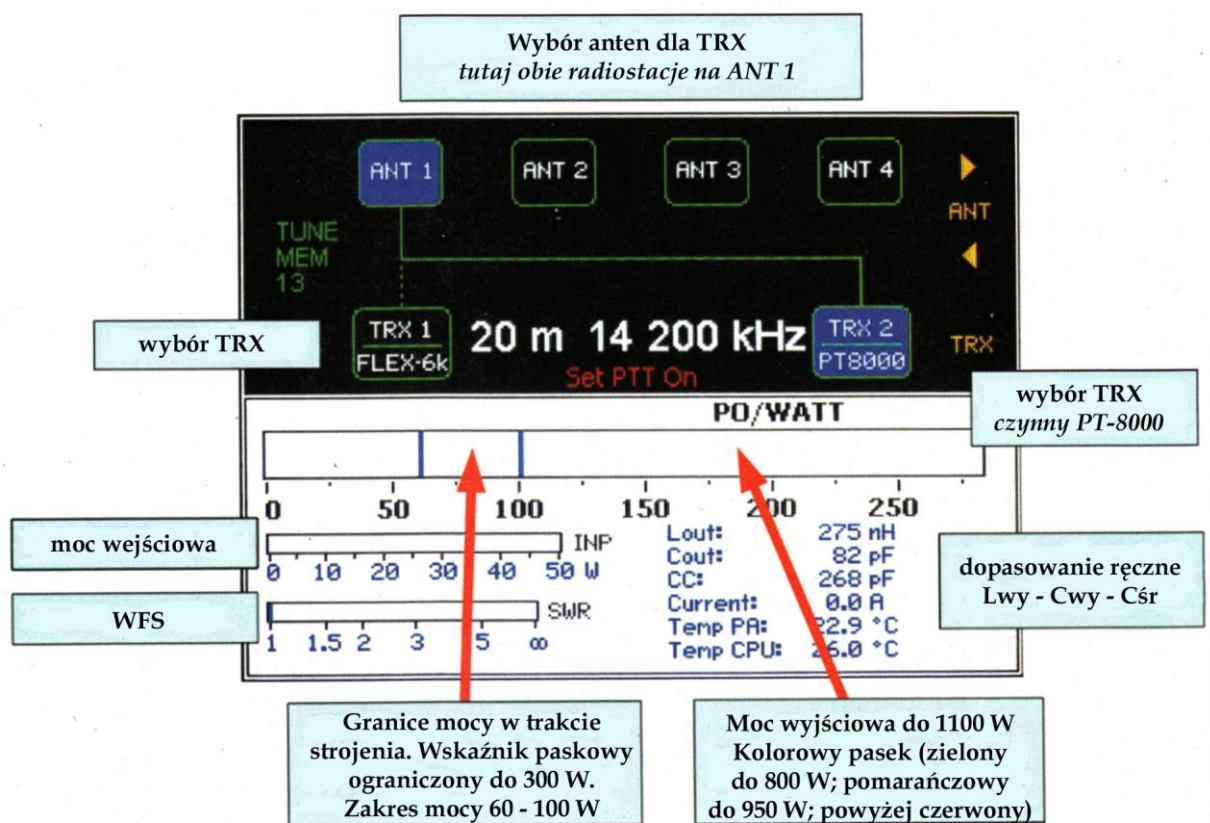
### Wyjście dla korektora adaptacyjnego

Zapewnienie dobrej liniowości stopni mocy, zwłaszcza w szerokim zakresie częstotliwości jest sprawą trudną, a przewyciężenie utrudnień fizycznych wymaga dużego nakładu pracy i czasu, co rzutuje ujemnie na koszty produkcji. W obecnym stanie techniki skutecznym rozwiązaniem stają się odbiorniki programowalne (SDR). Umożliwia to programową korekcję przebiegów sterujących (ang. *adaptive predistortion* – ADP) w celu zminimalizowania nieliniowych zniekształceń przebiegu wyjściowego. Rozwiązania te są już od dawna stosowane w sprzęcie profesjonalnym. HPA-8000B jest wyposażony w wyjście sygnału dla automatycznej korekcji tego rodzaju. Dzięki starannemu ekranowaniu dzielnika uzyskano tłumienie 60 dB w stosunku do sygnału dużej mocy. Charakterystyka częstotliwościowa wyjścia przebiega liniowo w zakresie od 1,8 do 70 MHz z odchyłkami amplitudy nie przekraczającymi 0,1 dB i tylko z minimalnymi odchyłkami fazy (minimalną składową urojoną impedancji wyjściowej). Schemat pojemnościowego, obciążonego oporowo dzielnika napięcia 1:1000 przedstawiono na rys. 10.7.

Pomiarów skuteczności automatycznej korekcji dokonano przy użyciu systemu HERMES opracowanego przez grupę HPSDR [4]. W trakcie pomiarów uzyskano 62 decybelowe tłumienie składowych intermodulacyjnych 3 rzędu na obciążeniu sztucznym i co najmniej 55 dB w antenie przy mocy 1 kW PEP.



Rys. 10.7. Wyjście sygnału -60 dB do monitorowania jakości lub korekcji adaptacyjnej. Na pierwszy rzut oka układ wydaje się prosty, ale przy użyciu programów symulacyjnych można sprawdzić, że odchyłki charakterystyki częstotliwościowej w zakresie 1,8 – 70 MHz nie przekraczają 0,1 dB i co ważniejsze: impedancja wyjściowa posiada tylko nieznaczną składową urojoną. Dokonane pomiary potwierdziły wyniki symulacji. W układzie zastosowano kondensatory wysokonapięciowe i oporniki bezindukcyjne 0,1 W



Rys. 10.8. Wyświetlacz HPA-8000B u autora testów. Wzmacniacz był połączony z radiostacjami Flex-6000 i PT-8000A. Można korzystać także z radiostacji bez zdalnego sterowania CAT – wbudowany częstotściomierz zabezpiecza w znacznym stopniu przed błędnymi ustawieniami

Praca ciągła i poziom hałasu wentylatorów

W stosunku do pierwszej serii obniżono poziom hałasu powodowanego przez wentylatory chłodzące stopień końcowy i zasilacz. Szybkość ich obrotów jest regulowana czterostopniowo. W czasie odbioru i przy temperaturze PA poniżej 38 °C wentylator jest wyłączony. Dolnymi granicami włączenia i wyłą-

czenia dla stopnia I są odpowiednio 40/38 °C, dla stopnia II – 48/43 °C, dla stopnia III – 53/48 °C i dla stopnia IV – 60/55 °C. W trakcie zwykłej transmisji SSB wentylator pracuje z szybkością I, dopiero w trakcie długich relacji fonicznych, przy szybkiej pracy telegraficznej lub przy emisjach cyfrowych osiąga szybkość II. Szybkość IV uzyskano dopiero po pięciu i pół minutowej emisji fali ciągłej w paśmie 80 m. Ochłodzenie do 38 °C nastąpiło po 2 minutach i 10 sekundach przerwy w nadawaniu.

Poziom hałasu wentylatora przy szybkościach I i II nie jest uciążliwy, ale ogólnie nie jest on odbierany ani jako mający nieprzyjemną barwę dźwięku, ani jako nadmiernie głośny.

Wzmacniacz jest przystosowany do pracy ciągłej: po upływie 7 minut transmisji nośnej temperatura ustabilizowała się na poziomie 62 °C, a więc wystarczająco poniżej dopuszczalnych 150 °C. Zasilacze impulsowe są również chłodzone w stopniu zależnym od potrzeby.

### Wskaźniki

Wzmacniacz jest wyposażony w lekko nachylony do tyłu ekran ciekłokrystaliczny o regulowanej jasności, dzięki czemu jest on łatwy do odczytania w różnych warunkach. Wyświetlane są na nim różne parametry pracy takie jak temperatury PA i mikrokomputera, pobór prądu, moc sterująca, współczynnik fali stojącej, moc wyjściowa, częstotliwość nadawania, dodatkowe informacje o trybie pracy (rys. 10.8) itd. Poza wyświetlaczem nie zastosowano żadnych innych instrumentów pomiarowych.

### Doświadczenia praktyczne

Oprogramowanie HPA-8000B jest przystosowane do korzystania z różnych protokołów zdalnego sterowania CAT, co zapewnia wysoki komfort pracy. Wzmacniacz przełącza filtr automatycznie po zmianie pasma pracy, VFO w radiostacji itp. Możliwe jest też połączenie go z dwoma radiostacjami jednocześnie i korzystanie z nich na przemian. Może on współpracować z czterema antenami równocześnie, a ich przyporządkowanie do radiostacji i pasm jest pokazywane na wyświetlaczu.

Przejrzysta struktura menu i wyświetlane na ekranie klawisze programowalne ułatwiają obsługę, a sytuacje niebezpieczne są sygnalizowane za pomocą odpowiednich meldunków. Należą do nich m.in. przekroczenie maksymalnej dopuszczalnej mocy wyjściowej przez określony czas, przekroczenie dopuszczalnego prądu zasilania, wysterowanie wzmacniacza na nie pasującym do wybranego filtra zakresie, no i oczywiście niedopasowanie anten. Warunki te powodują też wyłączenie wzmacniacza, a dla podjęcia nadawania w wielu przypadkach konieczne jest wyłączenie i ponowne jego włączenie, oczywiście po ewentualnym usunięciu przyczyn alarmu.

Obwody dopasowujące antenę powinny zasadniczo pracować w trybie automatycznym, ale możliwe jest też ich ręczne dostrajanie. Zalecana jest jednak przedtem dokładna lektura instrukcji. Pojemność środkową można przestrajać ręcznie za pomocą przycisków ekranowych przy WFS leżącym w granicach 2,5 – 3. W trakcie ręcznego dopasowywania anteny moc nadawania musi leżeć w podanych na wyświetlaczu granicach. Dokładne dopasowanie ręczne najlepiej wykonać po wstępnym dopasowaniu automatycznym. W trakcie ręcznego dopasowywania na wyświetlaczu wskazywane są wartości indukcyjności i pojemności obwodu. Dla WFS powyżej 3 układ zabezpieczający przerywa nadawanie.

### Aktualizacja oprogramowania

Aktualizacja oprogramowania za pomocą PC nie przysparza żadnych trudności. Wzmacniacz posiada przejściówkę z USB na RS232 – jest więc połączony z PC poprzez wirtualne złącze COM łatwo rozpoznawane przez Windows.

### Warunki pomiarów

Autor testu przeprowadził pomiary korzystając z radiostacji PT-8000A (przy mocach 100 i 200 W), programowalnych Flex 6700 i 6500 (przy mocach 10 mW z wyjścia XVTR) i systemu HERMES (z mocą 100 mW). Do pomiaru mocy służyły mierniki firmy Bird (modele 43 i 4391) oraz PWRM1, do analizy widma – ADVANTEST 3261A i odbiornik RF-Space, a do pomiaru parametrów S11 i S22 macierzy rozproszenia – analizator VNA 3E.

## Uwagi końcowe

Wzmacniacz spełnia obietnice zawarte w prospekcie firmowym. Liniowość na wszystkich pasmach można uznać za bardzo dobrą. Uniwersalny system zdalnego sterowania CAT ułatwia korzystanie z niego w połączeniu z wieloma innymi modelami radiostacji, a nie tylko z PT-8000A. Nowatorskim rozwiązaniem jest sterowany programowo układ filtru dolnoprzepustowego zintegrowanego z obwodem dopasowania anteny.

HPA-8000B jest przystosowany do intensywnej pracy z pełną mocą w zawodach, ale i w codziennej pracy oferuje interesujące możliwości. Odpowiedzi na pytanie czy jest on wart swojej wysokiej ceny musi każdy z (potencjalnych) nabywców udzielić sobie sam, biorąc pod uwagę jakość wykonania, przydatność wbudowanej skrzynki antenowej itd. ale nie zapominając również o takich czynnikach subiektywnych jak radość z wygodnego w obsłudze i uniwersalnego w użyciu urządzenia.

## Kilka uwag na temat liniowości

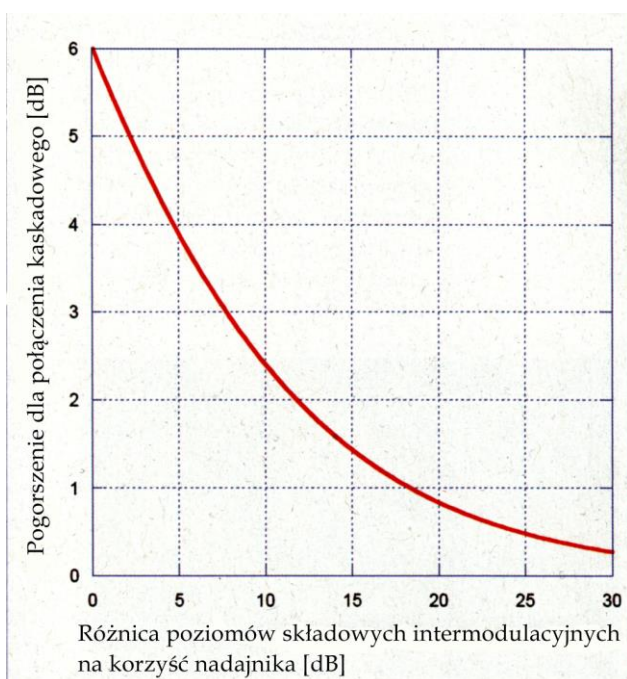
Kaskadowe połączenie wzmacniaczy wywiera wpływ na poziom składowych intermodulacyjnych na wyjściu ostatniego z nich. Połączenie takie spotykane jest w wielostopniowych torach wzmacniających lub w przypadku podłączenia wzmacniacza większej mocy do radiostacji dlatego też warto zająć się tą sprawą choćby pobieżnie.

Zniekształcenia nieliniowe na wyjściu kaskady wzmacniaczy są zawsze silniejsze aniżeli zniekształcenia powodowane przez najgorszy (pod tym względem) z nich. Wracając do tematu wzmacniacza dodanego do radiostacji zauważmy że:

1. Jeżeli poziom składowych intermodulacyjnych (zniekształceń nieliniowych) obu z nich jest identyczny, na wyjściu otrzymuje się poziom o 6 dB wyższy.
2. Jeżeli radiostacja wnosi składowe intermodulacyjne o 6 dB słabsze wypadkowy poziom na wyjściu wzmacniacza mocy jest o 3,5 dB wyższy od powodowanych przez wzmacniacz.
3. Dla poziomu o 10 dB słabszego wypadkowy poziom na wyjściu antenowym jest o 2,5 dB większy.
4. Dla poziomu niższego o 20 dB przyrost na wyjściu antenowym wynosi około 1 dB.

Podane powyżej różnice odpowiadają wprawdzie sytuacji najgorszej i w niektórych przypadkach może wystąpić pewna kompensacja niekorzystnych wpływów, ale nie można na to zawsze liczyć. Zmniejszenie poziomu składowych intermodulacyjnych na wyjściu radiostacji można uzyskać przez obniżenie mocy wyjściowej. Konkretnie w przypadku HPA-8000B opłaca się pracować z wysterowaniem 50 W, co oprócz pozytywnego wpływu obniżenia mocy radiostacji daje też dodatkowe korzyści dzięki włączonemu w tym wariancie tłumikowi, osłabiającemu także składowe niepożądane zawarte w sygnale sterującym. Korzystne jest także wysterowanie PA małymi mocami z wyjść transwerterów i użycie

zawartych w HPA-8000B wzmacniaczy o dużej liniowości. 100 wataw stopnie mocy nadajników zasilane napięciem 13,8 V mogą w najlepszym przypadku dostarczać sygnału o poziomie składowych intermodulacyjnych -35 dBc. Możliwości otrzymania sygnałów o dużej czystości w sposób klasyczny są dość ograniczone i dlatego konieczne staje się poszukiwanie nowych metod, takich jak np. korekcja adaptacyjna.



Rys. 10.9. Przy kaskadowym połączeniu radiostacji i wzmacniacza mocy poziom składowych intermodulacyjnych jest wyższy aniżeli dla samego wzmacniacza. Przeważnie poziom składowych nadajnika jest niższy od poziomu dla wzmacniacza mocy. Na ilustracji przedstawiony jest wpływ zniekształceń intermodulacyjnych nadajnika sterującego PA. Musi on być niższy od poziomu dla PA co najmniej o 20 dB aby wypadkowe pogorszenie było pomijalne.

Tabela 10.1.

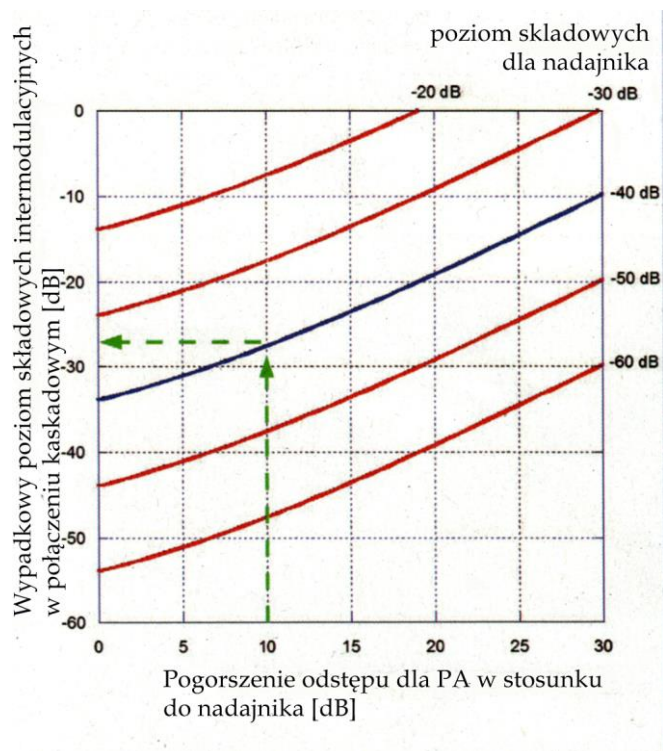
Do wyboru są trzy zakresy mocy sterującej. Najniższy z nich (o maksymalnym wzmacnieniu) umożliwia współpracę z nadajnikami własnej konstrukcji. Amerykańskie przepisy ograniczające całkowite wzmacnienie PA na poziomie 15 dB wykluczają sprzedaż HPA-8000B w USA

Pasma [MHz]	Wzmacnienie		
	100 mW (20 dBm)	5 W (37 dBm)	50 W (47 dBm)
1,8	9 mW (9,6 dBm)	1,0 W (30,0 dBm)	12 W (40,8 dBm)
3,7	8 mW (9,2 dBm)	1,5 W (31,8 dBm)	15 W (41,8 dBm)
7,1	9 mW (9,6 dBm)	2,3 W (33,6 dBm)	17 W (42,3 dBm)
10,1	7 mW (8,4 dBm)	1,2 W (30,4 dBm)	9 W (39,5 dBm)
14,2	10 mW (10,0 dBm)	1,7 W (32,3 dBm)	13 W (41,1 dBm)
18,1	7 mW (8,4 dBm)	3,1 W (34,9 dBm)	17 W (42,3 dBm)
21,3	7 mW (8,4 dBm)	1,4 W (31,5 dBm)	9 W (39,5 dBm)
24,9	7 mW (8,4 dBm)	0,8 W (29,0 dBm)	6 W (37,8 dBm)
28,5	8 mW (9,2 dBm)	1,3 W (31,1 dBm)	7 W (38,5 dBm)
50,1	10 mW (10,0 dBm)	4,0 W (36,0 dBm)	25 W (44,0 dBm)
70,1	10 mW (10,0 dBm)	4,5 W (36,5 dBm)	33 W (45,2 dBm)

Tabela 10.2

Parametry techniczne (według instrukcji obsługi)

Moc wyjściowa w.cz. (FM/AM/SSB/CW)	1 kW
Moc na wyjściu pomocniczym	-60 dBc, przez tłumik
Pasma amatorskie	160 m – 4 m, granice pasm zgodne z przyznanymi w danym regionie, możliwość zmiany regionu w oprogramowaniu
Moc wejściowa zakres mW zakres niskiej mocy („5 W”)  zakres wysokiej mocy („50 W”)	0,02 – 0,05 W (wyłączenie przy 50 mW) 2 – 3 W (wyłączenie przy 4 W, w paśmie 70 MHz – przy 8 W) 20 – 30 W (wwyłączenie przy 40 W, w paśmie 70 cm – przy 60 W)
Wejścia nadajników	2
Wyjścia antenowe	4
W pełni automatyczna skrzynka antenowa	1,8 – 30 MHz (maks. WFS 3:1)
Zdalne sterowanie przez radiostację (CAT)	Przełączanie pasm, wyświetlanie częstotliwości
Złącza CAT	RS-232 Pasma – czterobitowo CI-V Napięcie zależne od pasma
Ręczne sterowanie	Klawisze wyboru pasm, wejście kluczenia N-O (gniazdka RCA), wejście ALC (gniazdka RCA)
Złącze dla PC (programowanie, aktualizacja oprogramowania)	USB / RS232
Układy zabezpieczające	Nadmierny pobór prądu, zbyt wysoki WFS, temperatura, moc sterowania, moc wyjściowa
Zasilanie	wbudowany zasilacz 200 – 260 V / 50 – 60 Hz
Wymiary	ok. 425 x 459 x 173 mm (szer. x głęb. x wys.)
Masa	19,8 kg
Standardowe dodatki	kabel z wtyczkami sub-D 9 kontaktowymi, kabel z wtyczkami sub-D 25-kontaktowymi, instrukcja obsługi, dysk CD z programem dla Windows do aktualizacji oprogramowania wzmacniacza



Rys. 10.10. Wykres wypadkowego poziomu zniekształceń nieliniowych w zależności od różnicy na korzyść nadajnika sterującego PA. Dla otrzymania wyniku należy z rodziny krzywych wybrać krzywą odpowiadającą poziomowi składowych intermodulacyjnych dla nadajnika (w przykładzie na wykresie linia niebieska odpowiadająca -40 dB) i poziom składowych intermodulacyjnych PA -30 dB co daje różnicę 10 dB na osi odciętych. Całkowity poziom składowych odczytany na osi rzędnych wynosi -28 dB



Fot. 10.11. Tranzystor mocy

Na podst. [4]

Literatura i adresy internetowe

- [1] „Die Leistungsendstufe HPA-8000B von Hilberling”, CQDL 2/2017, str. 38 i 3/2017, str. 29
- [2] [www.hilberling.de](http://www.hilberling.de) – witryna producenta
- [3] [openhpsdr.org/index.php](http://openhpsdr.org/index.php)
- [4] Klaus Lohman, DK7XL, CQDL 2/2017 i 3/2017



## 11. Krótkofalowy wzmacniacz mocy HLA 305V firmy „RM Italy”

Praca QRP z mocą 5 W może dawać dużo radości i przy dobrych warunkach możliwe jest przeważnie osiągnięcie większości z odbieranych stacji. Ale przy gorszych warunkach propagacji praca QRP może być frustrująca. Dodatkowa moc okazuje się wówczas bardzo przydatna.



Fot. 11.1

Jak dotąd prawie wszystkie fabryczne wzmacniacze wymagały mocy 60 – 100 W dla osiągnięcia nominalnej mocy wyjściowej – 600 W lub więcej. Miłośnikom QRP zawsze pozostawały własne konstrukcje – opisywane zresztą często w prasie krótkofalarskiej. Ostatnio pojawiło się jednak kilka modeli przystosowanych doysterowania mocami QRP. Jednym z nich jest wzmacniacz HLA 305V włoskiej firmy „RM Italy”. Producent jest zresztą znany z szerokiej gamy wzmacniaczy o różnych mocach wyjściowych i pokrywających szeroki zakres częstotliwości.

### Krótki opis

HLA 305V jest aperiodycznym wzmacniaczem tranzystorowym pokrywającym pasma amatorskie od 160 do 10 m. Zastosowano w nim cztery tranzystory mocy typu MRF455. Filtry dolnopasmowe dla poszczególnych pasm są przełączane automatycznie, ale możliwy jest także ich wybór ręczny. W trybie automatycznego wyboru częstotliwość sygnału z nadajnika jest mierzona za pomocą wbudowanego częstotliwościomierza. Przy wysterowaniu 5 – 10 W wzmacniacz dostarcza 200 – 250 W na wyjściu.

### Wygląd zewnętrzny

Wzmacniacz mieści się w stosunkowo płaskiej, żeberkowanej obudowie o wymiarach 240 x 420 x 80 mm. Na jej górnej ścianie zamontowane są dwa wentylatory chłodzące o średnicach 5 cm – co sygnalizuje zresztą litera V w oznaczeniu (model HLA 305 nie posiada wentylatorów). Na ścianie czołowej znajduje się gałka przełącznika filtrów i automatyki, a obok niej niewielki wyświetlacz ciekłokrystaliczny informujący o włączonym paśmie, temperaturze pracy itd. Służy on także do wyświetlania menu konfiguracyjnego po naciśnięciu przycisku „SET”, dostępnego przez otworek o średnicy 1 mm. Konfiguracja pozwala na regulację jasności i kontrastu wyświetlacza, opóźnienia dla pracy emisją SSB oraz na włączenie automatycznego przełącznika nadawanie-odbiór. Po prawej stronie przedniej ścianki znajdują się dwa przełączniki: wyboru trybu pracy SSB z opóźnieniem przełączania, wyboru mocy wyjściowej niskiej lub wysokiej (niższa moc zapewnia mniejsze zniekształcenia nieliniowe nadawanego sygnału), oraz wyłącznik.

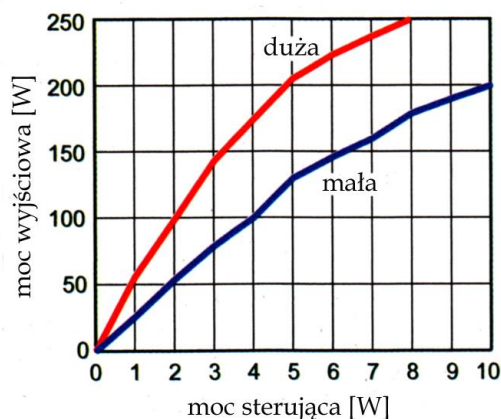
Na tylnej ścianie umieszczone są dwa gniazda koncentryczne do podłączenia radiostacji i anteny, gniazdo zasilania oraz gniazdko kluczowania N-O. W skład standardowych akcesoriów wchodzi jedynie wtyczka zasilania, a podłączenia kabla należy dokonać we własnym zakresie.

## Uruchomienie

Wzmacniacz pobiera przy pełnej mocy prąd ok. 34 A przy napięciu zasilania 13 V (+/- 2 V), a więc przewody zasilające muszą mieć średnicę co najmniej 4 mm (przekrój minimalny 11 mm<sup>2</sup>). Przy bardzo krótkich połączeniach można użyć cieńszego przewodu np. o średnicy 2,5 – 3 mm. Niezależnie od sposobu podłączenia zasilanie musi być zabezpieczone za pomocą odpowiednich bezpieczników. Przełączenie na nadawanie wymaga zwarcia do masy kontaktu środkowego gniazdka kluczowania. Część modeli radiostacji QRP posiada stosowne wyjście do tego celu. Oprócz tego wzmacniacz jest wyposażony w układ automatycznego kluczowania (VOX w.cz.). W trybie automatycznego kluczowania przełączenie z nadawania na odbiór odbywa się z pewnym ustalonym w konfiguracji opóźnieniem. Zakres opóźnień 200 – 500 msek okazał się praktyczny zarówno w pracy telegraficznej jak i fonicznej SSB. Do wyboru są ponadto opóźnienia 50, 100, 1000 i 1500 msek. Niemożliwe jest natomiast natychmiastowe przełączanie przy telegrafii (pełny tryb QSK). O wyborze kluczowania z opóźnieniem lub bez decyduje ustawienie przełącznika na przedniej ścianie. Automatyczne kluczowanie jest zbędne przy doprowadzeniu sygnału kluczującego do tylnego gniazdka.

W automatycznym trybie przełączania filtrów wystarczy nadanie krótkiej sylaby fonią lub jednego czy dwóch elementów znaku CW aby układ dokonał pomiaru częstotliwości i wybrał prawidłowy filtr.

## Badania laboratoryjne



Rys. 11.2. Charakterystyka wzmacnienia HLA 305V w paśmie 20 m zmierzona w laboratorium ARRL

Sprawą istotną dla wielu użytkowników jest czystość nadawanego sygnału, czyli możliwie niski poziom zniekształceń nieliniowych (intermodulacyjnych). Pomiary wykonane w laboratorium ARRL wykazały bardzo dobrą czystość przy mocy niskiej (200 W) i wystarczającą przy wysokiej (250 W). Filtry dolnoprzepustowe zapewniają dobre tłumienie harmonicznych i składowych niepożądanych we wszystkich pasmach poza zakresem 60 m, gdzie wynosiło ono tylko 43 dB. Wzmacniacz nie posiada oddzielnego filtra dla tego pasma – przyp. tłum. Zmierzony pobór prądu wynosił 25 – 35 A przy maksymalnej mocy w zależności od pasma. Charakterystyki wzmacnienia zmierzone w laboratorium ARRL w paśmie 20 m przy obu poziomach mocy wyjściowej przedstawia ilustracja 2. Po kilku cyklach nadawania z pełną mocą wentylatory wyraźnie przyspieszają, ale w dalszym ciągu ich praca jest cicha, a obudowa pozostaje wystarczająco chłodna.

Wzmacniacz jest automatycznie wyłączany przy przekroczeniu progu 15 W mocy sterowania lub przy zbyt wysokim współczynniku fali stojącej (WFS) na wyjściu. Awaryjne wyłączenie wzmacniacza jest sygnalizowane dźwiękowo. Sygnalizowane dźwiękowo wyłączenie następuje także w przypadku próby nadawania w zakresie 26 – 28 MHz. Pokusa nadawania z niedozwoloną mocą w zakresie CB jest więc stłumiona w zarodku – przyp. tłum.

## Praca na pasmach

Autor testu wypróbował wzmacniacz we współpracy z kilkoma radiostacjami QRP w pasmach 40 i 30 m. Przy wysterowaniu mocami rzędu 1,6 – 2 W moc wyjściowa wzmacniacza przekraczała 100 W, a przy wysterowaniu 9 W – osiągała prawie 250 W. Autor przeprowadził także pomiary przy wysterowaniu wzmacniacza sygnałem AM i przy mocy sterowania 1 W otrzymał na wyjściu 40 W w paśmie 40 m, a w paśmie 29 MHz – około 20 W. Satysfakcjonujące wyniki dały także przeprowadzone łączności telegraficzne i foniczne w pasmach 20 i 40 m.

## Podsumowanie

Wzmacniacz można usunąć z pola widzenia umieszczając go pod stołem lub w podobnym miejscu jeśli operator preferuje widok sprzętu o małych gabarytach. Zwiększenie mocy stacji QRP do poziomu typowego dla większości radiostacji pociąga jednak za sobą dodatkowe koszty nie tylko samego wzmacniacza ale także i zasilacza o wystarczającej wydajności prądowej – rzędu 40 – 50 A.

Instalacja wzmacniacza w samochodzie wymaga użycia przewodu zasilającego o znacznym przekroju i zabezpieczenia go odpowiednimi bezpiecznikami. Należy także upewnić się czy antena samochodowa jest dostosowana do pracy z tak dużą mocą i jakie ograniczenia w tym względzie nakłada producent samochodu.

Przy nadawaniu z dużymi mocami na antenie samochodowej występują napięcia tak wysokie, że wymaga to upewnienia się czy nie zagraża to osobom postronnym.

Ze względu na większą czystość sygnału autor testu zaleca pracę z mocą 200 W podkreślając jednocześnie, że większość korespondantów praktycznie nie zauważy różnicy pomiędzy 200 a 250 W mocy.

Niezależnie od tego wzmacniacz przyda się w przypadkach gorszej propagacji umożliwiając dokończenie łączności nawet w razie niepodziewanego pogorszenia się warunków.

Tabela 11.1

Wyniki pomiarów wzmacniacza HLA 305V o numerze seryjnym 30315

Parametry podane przez producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres częstotliwości pracy: pasma amatorskie pomiędzy 1,5 i 29,7 MHz	160, 80, 60, 40, 30, 20, 17, 15, 12 i 10 m
Zasilanie: 13 V +/- 2 V, maks. 34 A	typowo 25 – 35 A przy napięciu 13,8 V
Moc wyjściowa 200, 250 W (w poz. „HI”)	Zgodna z danymi producenta poza mocą 204 W w paśmie 28 MHz w poz. HI
Wymagana moc sterow.: typ. 10 W, maks. 15 W	typ. 3,3 – 14,4 W
Tłumienie harmonicznych i sygnałów niepożądanych: nie podane	typ. 57 – 70 dB, w paśmie 60 m – 43 dB; spełnia wymagania FCC.
Poziom zniekształceń nieliniowych (intermodulacyjnych)	14 MHz, 200 W, harmon. 3/5/7/9 -40/-40/-50/-63 moc duża – -29/-40/-47/-55 dB
Czasy przełączania N-O: nie podane	Czas od włączenia nadawania do pojawienia się mocy w.cz. 3 msek.; od wyłączenia do zaniku mocy 4 msek.
wymiary 240 x 420 x 80 mm, masa 4,3 kg	

*Na podst. [1]*

Literatura i adresy internetowe

[1] „RM Italy HLA 305V. 160 – 10 Meter Amplifier”, Bob Allison, WB1GCM, QST 4/2016, str. 51

[2] [www.rmitaly.com](http://www.rmitaly.com) – witryna producenta

## 12. ACOM 600S – wzmacniacz liniowy na pasma 160 – 6 m

Solidny i lekki tranzystorowy wzmacniacz o mocy wyjściowej 600 W oferuje wszystkie nowoczesne udogodnienia.



Fot. 12.1. Widok wzmacniacza od przodu

Bułgarska firma ACOM wyrobiła sobie dobrą markę na rynku wzmacniaczy mocy na pasma amatorskie, a w jej ofercie znalazły się wzmacniacze lampowe o mocach od 700 W do 1,5 – 2 kW. Najnowszy model 600S jest strojonym automatycznie tranzystorowym wzmacniaczem o mocy wyjściowej 600 W pokrywającym pasma 160 – 6 m. Wzmacniacze średniej mocy cieszą się popularnością wśród krótkofalowców, ponieważ zapewniają zauważalny wzrost siły sygnału, kosztują wyraźnie mniej od luksusowych wzmacniaczy dużych mocy i mogą być zasilane również z sieci 120 V tam, gdzie niedostępna jest sieć 240 V.

Wzmacniacze tranzystorowe są łatwiejsze w obsłudze od lampowych ponieważ nie wymagają każdorazowego dostrojenia przy zmianie częstotliwości nadawania i są dobrze zabezpieczone przed potencjalnymi uszkodzeniami w trakcie pracy.



Fot. 12.1. Widok tylnej ścianki

## Informacje ogólne

ACOM 600S ma wymiary 330 x 165 x 380 mm (szer. x wys. x głęb.) i waży ok. 12 kg, dzięki czemu nadaje się do pracy nie tylko z domu ale i na wyprawach DX-owych.

Instrukcja obsługi zawiera szczegółowy schemat blokowy z fragmentami schematu ideowego i szczegółowy opis jedzo działania.

We wzmacniaczu użyto pary tranzystorów mocy MRFE6VP300H pracujących w układzie przeciwobnym w klasie AB. Producent dopuszcza ich pracę nawet przy bardzo wysokim współczynniku fali stojącej (WFS). 10-decybelowy tłumik i szerokopasmowy układ dopasowujący zapewniają niski WFS na wejściu na wszystkich pasmach. W zależności od pasma dla otrzymania pełnej mocy wyjściowej wystarcza moc sterowania 25–35 W (patrz tab. 1). Próg reakcji układu zabezpieczającego przed przesterowaniem leży przy ok. 700 W mocy wyjściowej.

Wymagane tłumienie harmonicznym zapewniają automatycznie przełączane za pomocą przełączników filtry dolnoprzepustowe dla pasm 160, 80, 40, 30, 20, 17/15, 12/10 i 6 m. Czystość sygnału wyjściowego spełnia z łatwością wymagania przepisów FCC.

Wbudowany zasilacz impulsowy dostarcza napięcia 50 V do zasilania tranzystorów mocy oraz napięć 5, 13 i 26 V dla innych części układu. Zasilacz jest wyposażony w filtry LC na wejściu i wyjściu i dzięki temu spełnia europejskie normy przeciwzakłóceniami.

Napięcie sieci zasilającej może leżeć w przedziałach 85–132 V (konieczne jest użycie bezpieczników 10 A) lub 170–265 V (konieczne są wówczas bezpieczniki 6,3 A), a zakres częstotliwości napięcia sieci wynosi 45 – 66 Hz. Dostosowanie do lokalnych warunków zasilania wymaga jedynie zamontowania właściwej wtyczki sieciowej i dobrania bezpieczników.

Wzmacniacz posiada dwa wyłączniki. Duży wyłącznik na tylnej ścianie służy do włączenia napięcia sieci dla zasilacza i przeważnie w typowych warunkach pozostaje stale włączony. Wzmacniacz pobiera w tym stanie tylko minimalny prąd spoczynkowy. Włączenia całości układu dokonuje się wyłącznikiem na przedniej ścianie. Możliwe jest także zdalne włączanie wzmacniacza.

## Elementy manipulacyjne i menu



Fot. 10.3. Okno główne widoczne w trakcie normalnej pracy informuje o wielu istotnych parametrach

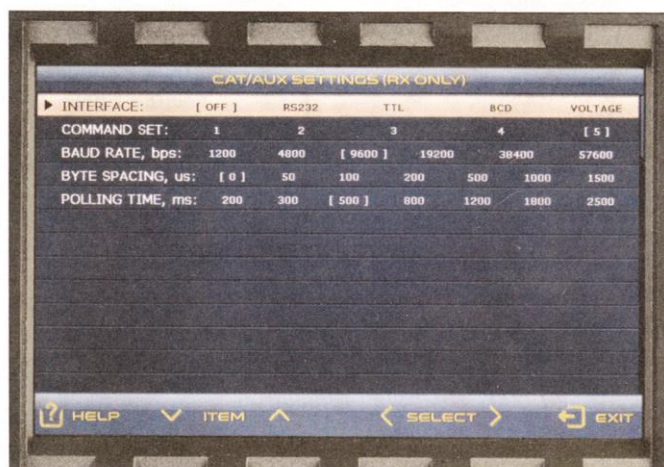
Ścianka czołowa wzmacniacza zawiera niewielką liczbę elementów. Oprócz 5-calowego (800 x 480 pkt.) kolorowego wyświetlacza ciekłokrystalicznego znajduje się na niej tylko sześć przycisków (fot. 12.1) i wspomniany już wyłącznik. W trakcie pracy w oknie głównym wyświetlane są najważniejsze dane takie jak zakres częstotliwości (pasma), wyjściowa moc padająca i odbita, temperatura tranzystorów, napięcie ich zasilania, pobór prądu, stan pracy lub gotowości itd. Połączenie wzmacniacza z radiostacją przez złącze CAT umożliwi dokładniejsze wyświetlanie częstotliwości pracy na ekranie. Klawisz „Menu” służy do wywołania menu konfiguracyjnych i okien zawierających dalsze dane pomiarowe. Okno „AMP MEASURE” („Pomiary wzmacniacza”) zawiera bieżące wyniki pomiarów mocy sterującej, mocy wyjściowej padającej i odbitej, WFS, wzmocnienia mocy, napięcia polaryzacji bramek

każdego z tranzystorów wzmacniacza, napięcia ich zasilania i poboru prądu. Wybrane dwa z nich mogą być dodatkowo wyświetlane w oknie głównym poniżej częstotliwości pracy. Okno serwisowe „AMP SERVICE” służy do sprawdzania prawidłowości pracy przekaźnika i wentylatora oraz wartości prądów spoczynkowych tranzystorów.

Menu ustawień złącza CAT „CAT/AUX SETTINGS” (fot. 12.2) służy do konfiguracji połączenia wzmacniacza z radiostacją przez złącze RS-232 (CAT) i wyjście informacji o paśmie pracy (AUX).

Plik pomocy zawiera najważniejsze informacje o konfiguracji dla wielu popularnych modeli radiostacji. Menu konfiguracji indywidualnej pozwala na ustawienie m.in. siły głosu dla sygnalizacji dźwiękowej, jasności ekranu, domyślnego trybu pracy po włączeniu wzmacniacza itd.

Menu protokołów pracy „FAULTS LOG” wyświetla informacje o numerze seryjnym wzmacniacza, wersji wyposażenia i oprogramowania, dotychczasowym całkowitym czasie pracy oraz o ewentualnych zakłóceniach w pracy, co może być pomocne w usuwaniu usterek. Protokół zakłóceń w pracy może być skierowany do wydruku przez złącze szeregowe. Jest on zwykłym plikiem tekstowym.



Fot. 10.4. Okno CAT/AUX służy do skonfigurowania komunikacji z radiostacją, tak aby wzmacniacz mógł na bieżąco dostosowywać się do wybranej częstotliwości pracy

### Układy zabezpieczające

Wzmacniacz posiada rozbudowane układy zabezpieczające go przed uszkodzeniem w wyniku nieprawidłowej pracy lub błędów w obsłudze. Nadzorowane są napięcie i prąd drenów tranzystorów, napięcia polaryzacji bramek, temperatura radiatora, częstotliwość i moc sygnału sterującego, moc padająca i odbita oraz czas przełączania przekaźnika. W przypadku gdy wartość któregoś z parametrów jest nieprawidłowa układ reaguje na jeden z trzech sposobów. Osiągnięcie wartości dopuszczalnej (progowej) jest sygnalizowane za pomocą dobrze widocznego i zrozumiałego komunikatu na ekranie. Po usunięciu przyczyny komunikat znika. Jeśli stan ten utrzymuje się dalej lub ulega pogorszeniu wzmacniacz zostaje przełączony w tryb gotowości, a na ekranie pojawia się dokładniejszy komunikat o przyczynach. W trybie gotowości wzmacniacz jest wprawdzie zasilany ale zostaje wyłączony przez przekaźniki z toru sygnału.

W przypadku włączenia automatycznej zmiany trybu – „AUTO OPERATE” – wzmacniacz przechodzi w aktywny tryb pracy po upływie 4 sekund. Jeżeli sytuacja nie uległa poprawie układ reaguje ponownie. Poważniejsze błędy powodują wyłączenie zasilania z sieci, zapisanie komunikatu w pamięci, wygaszenie ekranu i nadanie telegrafią serii liter F. W zależności od przyczyn wyłączenia wzmacniacz może nie dać się włączyć ponownie, przynajmniej przed upływem pewnego czasu – przykładem takiej sytuacji może być przegrzanie kiedy wzmacniacz daje się włączyć po jego ostygnięciu.

### Dokumentacja

Do wzmacniacza dołączona jest 44-stronicowa instrukcja obsługi opisująca jego instalację, uruchomienie, pracę i porady dotyczące najczęściej występujących nieprawidłowości w działaniu. Menu wzmacniacza zawiera także teksty pomocy.

Dokładniejsza dokumentacja dostępna na witrynie producenta zawiera instrukcję w formacie PDF z funkcją przeszukiwania tekstu, ilustrowane opisy montażu kabli łączących z różnymi modelami radiostacji, szczegóły protokołów komunikacyjnych, aktualne pliki oprogramowania wzmacniacza, programy narzędziowe służące do jego aktualizacji i diagnostyczne.

### Konfiguracja i praca w eterze

Podłączenie wzmacniacza do reszty wyposażenia stacji jest proste. Gniazda koncentryczne znajdujące się na tylnej ścianie należy połączyć odpowiednio z radiostacją i anteną, doprowadzić sygnał kuczowania („KEY IN”), ewentualnie dodatkowo połączyć 9-nóżkowy wtyk sub-D ze złączem RS-232, a 15-nóżkowy wtyk sub-D z gniazdem danych o paśmie pracy (AUX).

Wyjście sygnału klucującego „KEY OUT” może służyć do blokowania nadawania w radiostacji – przykładowo na czas przełączania zakresów – jeżeli daje ona taką możliwość. W zależności od napięcia sieci zasilającej należy włożyć do gniazdek z tyłu odpowiednie bezpieczniki lub przynajmniej sprawdzić, czy zostały założone fabrycznie, dla europejskiej sieci 240 V są to bezpieczniki 6,3 A. Wzmacniacz nie posiada połączenia dla napięcia ALC dlatego też właściwą moc wyjściową należy ustawić ręcznie w radiostacji sterującej pamiętając, że układ ochronny wzmacniacza reaguje natychmiast przy jego przesterowaniu. W zależności od zakresu pracy dla uzyskania pełnej mocy 600 W wystarcza wysterowanie 25–35 watami.

Zmiana zakresów pracy następuje automatycznie w oparciu o dane otrzymane z radiostacji przez złącze CAT/AUX (po połączeniu kablem obydwóch urządzeń), na podstawie pomiaru częstotliwości przez wbudowany częstościomierz albo jest dokonywana ręcznie za pomocą przycisków na przedniej ścianie. Zmiana zakresu jest sygnalizowana telegraficznie i głosowo. Na czas przełączania należy przerwać transmisję i chwilę odczekać. Zapewnienie przerwy w trakcie transmisji RTTY może być trudniejsze ze względu na jej ciągły charakter, dlatego też meldunki błędów mogą występować częściej. Połączenie kablowe z radiostacją zapewnia niezawodne i szybsze przełączenia zakresów.

Podłączenie komputera do złącza RS-232 umożliwia zdalne sterowanie i zdalny nadzór nad pracą wzmacniacza. ACOM nie udostępnia wprawdzie odpowiedniego programu sterującego ale na jego witrynie internetowej zamieszczone są dokładne informacje dotyczące protokołu komunikacyjnego. Autor testu nie wypróbował tego rozwiązania w praktyce.

Instrukcja podaje, że wzmacniacz pracuje z pełną mocą przy WFS dochodzących do 1,5 : 1, a w zakresie powyżej – do 3 : 1 – z mocą obniżoną. Autor zaobserwował lekkie obniżenie mocy do 550 W już przy WFS równym 2 : 1.

Instrukcja zapewnia, że pełna moc 600 W jest dostępna także dla emisji o stałej amplitudzie, takich jak RTTY, dlatego też autor testu wypróbował go w trakcie 24-godzinnych zawodów RTTY, nie stwierdzając ani jego przegrzania ani występowania żadnych innych problemów. Wentylator chłodzący zasysa powietrze przez tylną ściankę, a gorące powietrze uchodzi przez szczeliny w górnej ścianie obudowy. Wybór jednej z czterech możliwych szybkości obrotów wentylatora jest uzależniony od temperatury radiatora. Wentylator pracuje stale na pierwszym biegu i nie wytwarza zauważalnego hałasu. Przyspieszenie na drugi bieg następuje przy temperaturze 50 °C (powrót do pierwszego – po spadku temperatury do 47 stopni), trzeci bieg jest włączany przy 60 °C, a czwarty przy 63 °C. Po dziesięciu minutach transmisji fali ciągłej z pełną mocą temperatura wzrosła do 66 °C.

W praktyce w trakcie zwykłej pracy telegraficznej lub SSB wentylator pracuje na pierwszym biegu, a drugi bieg osiągniany jest przeważnie dopiero w trakcie pracy emisją RTTY. Hałas powodowany przez wentylator oracający się z większymi szybkościami nie przeszkadza jednak w odbiorze na słuchawki.

### Podsumowanie

ACOM 600S jest solidnym i dobrze skonstruowanym wzmacniaczem charakteryzującym się stosunkowo niedużymi wymiarami i ciężarem. W trakcie wszystkich testów dostarczał on pełnej mocy 600 W lub nawet więcej w zależności od częstotliwości nadawania. Nie przegrzewał się nawet w czasie dłuższej pracy w zawodach.

Tabela 12.1

Wyniki pomiarów wzmacniacza o numerze seryjnym 140131

Dane producenta	Wyniki pomiarów w laboratorium ARRL
Zakres częstotliwości pracy: wszystkie pasma amatorskie pomiędzy 1,8 – 29,7 MHz i 50 – 54 MHz	160, 80, 40, 30, 20, 17, 15, 12, 10 i 6 m
Moc wyjściowa: 600 W dla fali ciągłej	Fale krótkie – zgodnie ze specyfikacją, pasmo 6 m – 580 W
WFS na wejściu 1,2 : 1 lub lepszy w zakresie 1,8 – 54 MHz	Zgodny z podanym
Tłumienie harmonicznych i sygnałów niepożądanych: KF, > 60 dB; typ. 65 dB	KF i 50 MHz zgodnie z podanym z wyjątkiem 55 dB dla pasma 15 m. Spełnia wymagania FCC.
Zniekształcenia intermodulacyjne trzeciego rzędu (IMD): < -28 dBc, -30 dB typ.	3/5/7/9 harmoniczna 14 MHz: 42/39/49/55 dB poniżej PEP 50 MHz: 30/38/44/52 dB poniżej PEP
Czas przełączania przełącznika N-O: nie podany	Włączenie nadawania: 12 ms, przejście na odbiór: 23 ms
Napięcie sieci: 85 – 132 V, 170 – 265 V, 45–66 Hz, testy prowadzono przy 240 V,	
Wymiary 330 x 165 x 380 mm (szer. x wys. x głęb.), waga ok. 12 kg	
Cena: USA ok. 2800 \$, Niemcy ok. 2900 euro	

*Na podst. [1]*Literatura i adresy internetowe

- [1] „ACOM 600S – 6 meter linear amplifier”, Mark Wilson, K1RO, QST 8/2015, str. 47  
 [2] [www.acom-bg.com](http://www.acom-bg.com) – witryna producenta  
 [3] [www.wimo.de](http://www.wimo.de) – niemiecki dystrybutor



**W serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca” dotychczas ukazały się:**

- Nr 1 – „Poradnik D-STAR”, wydanie 1 (2011), 2 (2015) i 3 (2019)
- Nr 2 – „Instrukcja do programu D-RATS”
- Nr 3 – „Technika słabych sygnałów” Tom 1
- Nr 4 – „Technika słabych sygnałów” Tom 2
- Nr 5 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 1
- Nr 6 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 2
- Nr 7 – „Packet radio”
- Nr 8 – „APRS i D-PRS”
- Nr 9 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 1
- Nr 10 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 2
- Nr 11 – „Słownik niemiecko-polski i angielsko-polski” Tom 1
- Nr 12 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 1
- Nr 13 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 2
- Nr 14 – „Amatorska radioastronomia”
- Nr 15 – „Transmisja danych w systemie D-STAR”
- Nr 16 – „Amatorska radiometeorologia”, wydanie 1 (2013) i 2 (2017)
- Nr 17 – „Radiolatarnie małej mocy”
- Nr 18 – „Łączności na falach długich”
- Nr 19 – „Poradnik Echolinku”
- Nr 20 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 1
- Nr 21 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 2
- Nr 22 – „Protokół BGP w Hamnecie”
- Nr 23 – „Technika słabych sygnałów” Tom 3, wydanie 1 (2014), 2 (2016) i 3 (2017)
- Nr 24 – „Raspberry Pi w krótkofalarstwie”
- Nr 25 – „Najpopularniejsze pasma mikrofalowe”, wydanie 1 (2015) i 2 (2019)
- Nr 26 – „Poradnik DMR” wydanie 1 (2015), 2 (2016) i 3 (2019), nr 326 – wydanie skrócone (2016)
- Nr 27 – „Poradnik Hamnetu”
- Nr 28 – „Budujemy Ilera” Tom 1
- Nr 29 – „Budujemy Ilera” Tom 2
- Nr 30 – „Konstrukcje D-Starowe”
- Nr 31 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 3
- Nr 32 – „Anteny łatwe do ukrycia”
- Nr 33 – „Amatorska telemetria”
- Nr 34 – „Poradnik systemu C4FM”, wydanie 1 (2017) i 2 (2019)
- Nr 35 – „Licencja i co dalej” Tom 1
- Nr 36 – „Cyfrowa Obróbka Sygnałów”
- Nr 37 – „Telewizja amatorska”
- Nr 38 – „Technika słabych sygnałów” Tom 4
- Nr 39 – „Łączności świetlne”
- Nr 40 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 4
- Nr 41 – „Licencja i co dalej” Tom 2
- Nr 42 – „Miernictwo” Tom 1
- Nr 43 – „Miernictwo” Tom 2
- Nr 44 – „Miernictwo” Tom 3
- Nr 45 – „Testy sprzętu” Tom 1
- Nr 46 – „Testy sprzętu” Tom 2
- Nr 47 – „Licencja i co dalej” Tom 3





