

BIBLIOTEKA
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

80

KRZYSZTOF DĄBROWSKI
OE1KDA

HISTORYCZNA TECHNIKA
KRÓTKOFALOWCÓW
TOM 3

WIEDENŃ 2026



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń 2026

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.

Historyczna technika krótkofalowców

Tom 3

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wydanie 1
Wiedeń, luty 2026

Spis treści

3. Powojenne lampowe konstrukcje krótkofalowe	6
3.1. Przydziały pasm amatorskich	6
3.2. Układy odbiorników KF	8
3.2.1. Przystawka do odbioru fal krótkich	8
3.2.2. Odbiornik zaawansowanego krótkofalowca	10
3.2.3. Odbiornik 1-V-1 dla nasłuchowców	12
3.2.4. Amatorskie odbiorniki dla nasłuchowców	14
3.2.5. Konwerter SP3PJ	19
3.2.6. Odbiornik SP5WW z podwójną przemianą	20
3.2.7. Prosty konwerter krótkofalowy	23
3.3. Układy nadajników KF	25
3.3.1. Krótkofalowy nadajnik bateryjny	25
3.3.2. Amatorski nadajnik średniej mocy SP5FM	26
3.3.3. Nadajnik QRP SP5FM	31
3.3.4. Siedemdziesięciowatowy nadajnik SP3PJ	31
3.3.5. Nadajnik SP5WW	33
3.3.6. Radiostacja RBM-1	36
3.3.7. Prosty nadajnik 15 W na pasmo 7 MHz	38
3.3.8. Klucz elektroniczny	39
3.4. Technika jednowstęgowa	41
3.4.1. Przystawka do odbioru SSB SP2DX	42
3.4.2. Układy nadajników jednowstęgowych	42
3.4.3. Nadajnik SSB z filtrową metodą formowania sygnału	44
3.4.4. Fazowy adapter SSB	46
3.4.5. Prosty nadajnik-wzbudnica na pasmo 20 m	49
4. Półprzewodnikowe konstrukcje KF	52
4.1. Nadajniki eksperymentalne	56
4.1.1. Telegraficzne nadajniki jednotranzystorowe	56
4.1.2. Fonice nadajniki jednotranzystorowe	58
4.1.3. Miniaturowe nadajniki fonice	58
4.2. Odbiorniki eksperymentalne	60
4.2.1. Eksperymentalna superheterodyna na tranzystorach ostrzowych	60
4.3. Nadajniki amatorskie	61
4.3.1. Tranzystorowa wzbudnica SSB z metodą filtrową	61
4.3.2. Wzbudnica SSB z filtrem piezoceramicznym	63
4.3.3. Tranzystorowa wzbudnica SSB na pasma 3,5 i 14 MHz	65
4.3.4. Wzbudnica fazowa SSB	68
4.3.5. Prosta fazowa wzbudnica SSB	69
4.3.6. Tranzystorowy falomierz-generator	70
4.4. Odbiorniki amatorskie	71
4.4.1. Odbiornik do <i>Łowów na lisa</i> i wycieczkowy	71
4.4.2. Odbiornik superheterodynowy na trzech tranzystorach	73
4.5. Tranzystorowy generator Hartleya	75
Dodatek A. Radiotelefon <i>Klimek</i>	77
Dodatek B. Współczesna fazowa radiostacja SSB	80
Literatura i adresy internetowe	82
Spis tomów „Biblioteki polskiego krótkofalowca”	84

Sommaire

Technique radioamateur historique

3. Montages HF à tubes après 1945	6
3.1. Les bandes radioamateur	6
3.2. Récepteurs à ondes courtes	8
3.2.1. Convertisseur pour la réception d'ondes courtes	8
3.2.2. Récepteur pour opérateur radio ondes courtes avancé	10
3.2.3. Récepteur SWL 1-V-1	12
3.2.4. Récepteurs SWL	14
3.2.5. Convertisseur de SP3PJ	19
3.2.6. Superhétérodyne à double conversion de SP5WW	20
3.2.7. Convertisseur à ondes courtes simple	23
3.3. Émetteurs HF	25
3.3.1. Émetteur à ondes courtes alimenté par batterie	25
3.3.2. Émetteur de puissance moyenne de SP5FM	26
3.3.3. Émetteur QRP de SP5FM	31
3.3.4. Émetteur 70 W de SP3PJ	31
3.3.5. Émetteur de SP5WW	33
3.3.6. Le poste RBM-1	36
3.3.7. Émetteur 15 W simple pour la bande de 7 MHz	38
3.3.8. Manipulateur électronique	39
3.4. Émission à bande latérale unique	41
3.4.1. Adaptateur de réception BLU de SP2DX	42
3.4.2. Émetteur BLU	42
3.4.3. Émetteur avec production d'un signal BLU par filtrage	44
3.4.4. Adaptateur BLU à réseau phasé	45
3.4.5. Émetteur simple pour la bande de 20 m	49
4. Montages semi-conducteurs	52
4.1. Émetteurs expérimentaux	56
4.1.1. Émetteurs télégraphiques à transistor unique	56
4.1.2. Émetteurs audio à transistor unique	58
4.1.3. Émetteurs audio miniatures	58
4.2. Récepteurs expérimentaux	60
4.2.1. Superhétérodyne expérimental sur transistors à contact ponctuel	60
4.3. Émetteurs amateurs	61
4.3.1. Émetteur BLU à transistor avec méthode de filtrage	61
4.3.2. Émetteur BLU à transistor avec filtre piézoélectrique	63
4.3.3. Émetteur BLU à transistor pour les bandes de 3,5 et 14 MHz	65
4.3.4. Émetteur BLU à réseau phasé	68
4.3.5. Émetteur BLU simple avec méthode de réseau phasé	69
4.3.6. Ondemètre et oscillateur à transistor	70
4.4. Récepteurs amateurs	71
4.4.1. Récepteur ARDF	71
4.4.2. Superhétérodyne sur trois transistors	73
4.5. Oscillateur à transistor Hartley	75
Annexe A. Émetteur-récepteur <i>Klimek</i>	77
Annexe B. Émetteur-récepteur BLU moderne avec méthode de réseau phasé	80
Bibliographie et les pages web	82
Liste des volumes de la „Bibliothèque de radioamateur polonais”	84

3. Powojenne lampowe konstrukcje krótkofalowe

Krótkofalowcy polscy wznowili oficjalną działalność już w niedługim czasie po zakończeniu wojny. W dn. 13 października 1946 r. odbyło się pierwsze powojenne zebranie organizacyjne PZK, a wybrany wówczas zarząd – m.in. SP2RC, SP1CM i SP1YX – miał za zadanie przygotować ogólnopolski zjazd PZK. Zjazd ten odbył się 25 maja 1947 r. Od 1946 r. wydawano tygodnik *Radio i Świat* z 4-stronicowym kącikiem technicznym. Jako następny pojawił się miesięcznik *Radio*, a w r. 1950 *Radioamator*, który później połączył się z redakcją *Radia*. Miesięcznik nosił później tytuł *Radioamator i krótkofalowiec polski* następnie *Radioelektronik*. Przez dłuższy czas po wojnie w rozwój krótkofalarstwa bardzo angażowali się krótkofalowcy przedwojenni. Praktycznie należało wszystko rozpocząć od nowa. Okupanci hitlerowscy karali śmiercią za posiadanie odbiorników radiowych, nie mówiąc już o radiostacjach nadawczych (którymi dysponowało tylko podziemie). Należało praktycznie od zera rozpocząć radiofonizację kraju, a krótkofalowcy musieli od zera rozpocząć budowę i zdobywanie sprzętu oraz podzespołów. Zdobywanie niektórych podzespołów, takich jak rezonatory kwarcowe stanowiło wyzwanie do końca epoki PRL-u.

Wielkim szokiem dla autora opracowania była przeczytana kiedyś wiadomość, że w czasie wojny krótkofalowcy niemieccy (pod silnym nadzorem oczywiście) mogli nie tylko nawiązywać łączności między sobą, ale również i z krótkofalowcami brytyjskimi (a może także i z innych krajów alianckich). Wymagano od nich poza tym ścisłej dyscypliny w odbiorze komunikatów krótkofalarskich i w ich potwierdzaniu. Wszystko to odbywało się wyłącznie na telegrafii. Niestety autor nie zanotował wówczas źródła tej wiadomości. Być może były to wspomnienia opublikowane na łamach CQDL Kontrast z karami stosowanymi w okupowanej Polsce jest jednak i teraz szokujący.

Na początku lat 1950-tych PZK został przymusowo wcielony do *Ligi Przyjaciół Żołnierza* (LPŻ). W tym okresie też polscy krótkofalowcy rozpoczynają eksperymenty z łącznościami w pasmach UKF, głównie 2 m i 70 cm, oraz z odbiorem dalekich stacji telewizyjnych. Pierwszą daleką łączność w paśmie 144 MHz przeprowadził SP3PD w dn. 24 czerwca 1954 r., a jedną z pierwszych rekordowych łączności w paśmie 432 MHz – SP5KAB w dn. 19 czerwca 1955 r. (patrz tom pierwszy „Historycznej techniki krótkofalowców”).

W 1957 r. PZK odseparował się od LPŻ i reaktywował jako samodzielna organizacja krótkofalarska. W tym też roku, jako Międzynarodowym Roku Geofizycznym krótkofalowcy prowadzili skoordynowane badania warunków propagacji fal w zakresach UKF w zależności od zjawisk meteorologicznych i geomagnetycznych. W 1958 r. SP3PD i SP5AU przeprowadzili pierwszą polską łączność w zakresie UKF przez odbicie od zorzy polarnej.

Pierwsze powojenne międzynarodowe zawody PZK zorganizował w 1962 r. Były to zawody Millennium SP Contest. Od 1963 r. przekształcono je w zawody doroczne SPDX Contest.

3.1. Przydziały pasm amatorskich

Przydział pasm amatorskich w Europie na światowej konferencji radiowej w Atlantic City w r. 1947:

80 m	3500 – 3800 kHz,
40 m	7000 – 7100 kHz i 7100 – 7150 kHz,
20 m	14000 – 14350 kHz,
15 m	21000 – 21450 kHz,
10 m	28000 – 29700 kHz,
2 m	144 – 146 MHz,
0,7 m	420 – 460 MHz.

Pasmami przeznaczonymi wyłącznie dla służby amatorskiej były 7000 – 7100, 14000 – 14350, 21000 – 21450 i 28000 – 29700 kHz oraz 144 – 146 MHz – pozostałe pasma miały być użytkowane wspólnie z innymi służbami, w paśmie 7100 – 7150 kHz była to radiofonia. Utracone zostały pasma 56 i 224 MHz. W rejonie 2 – obie Ameryki – pierwsze z nich zostało przesunięte do granic 50–54 MHz (6 m), a drugie - ok. 220-225 MHz (1,25 m). Dopiero po upływie znacznego czasu krótkofalowcy europejscy odzyskali fragmenty pasma 6 m – maksymalnie w granicach 50–52 MHz.

Przydział pasm amatorskich w Europie na światowej konferencji radiowej w Genewie w r. 1959:

Pasma 80 m	3500 – 3800 kHz
Pasma 40 m	7000 – 7100 kHz
Pasma 20 m	14000 – 14350 kHz
Pasma 15 m	21000 – 21450 kHz
Pasma 10 m	28000 – 29700 kHz
Pasma 2 m	144 – 146 MHz
Pasma 0,7 m	430 – 440 MHz

Na następnych konferencjach w Genewie w latach 1979, 1982 oraz na konferencji w r. 2003 stopniowo udostępniono krótkofalowcom pasma 160 m (1810 – 2000 MHz; przydział i granice leżą w gestiach władz poszczególnych krajów), 50 – 52 MHz (jak poprzednio) i dodano pasma krótkofalowe 10,1 – 10,15 MHz, 18,068 – 18,168 MHz oraz 24,89 – 24,99 MHz, pasmo 40 m ograniczone w 1959 r. do zakresu 7000 – 7100 kHz mogło być zgodnie z ustaleniami konferencji z r. 2003 ponownie stopniowo rozszerzone do zakresu 7000 – 7200 (docelowo do 2009 r.; stopniowo było ono przyznawane wcześniej do użytku na zasadach drugorzędności), a planowane na później rozszerzenie do 7300 kHz na razie w regionie 1 się nie urzeczywistniło. Dodano także wyższe pasma UKF i mikrofalowe. Do wyłącznego użytku amatorskiego dostępne są pasma 7000 – 7200, 14000 – 14350, 18068 – 18168, 21000 – 21450, 24890 – 24990 i 28000 – 29700 kHz oraz 144 – 146 MHz. W wielu krajach europejskich dostępne jest także pasmo 70 MHz. W zakresie długofalowym w latach 1990-tych udostępniono amatorom pasmo 135,7 – 137,8 kHz, a potem 472 kHz i pojedyncze kanały w paśmie 60 m. Krótkofalowcy udowodnili praktycznie, że możliwe jest nawiązywanie łączności międzykontynentalnych w zakresie długofalowym przy użyciu niewielkich mocy nadawania – dzięki zastosowaniu systemów komputerowych i cyfrowej obróbki sygnałów. Ta sama technika rozprzestrzenia się obecnie w łącznościach przez odbicia od smug meteorów (MS) oraz przez odbicia od powierzchni księżyca (EME). W zakresie fal krótkich służba amatorska była pierwszą, która wprowadziła w zakresie światowym radiokomunikację przy użyciu modulacji jednowstęgowej SSB w miejsce stosowanej poprzednio dwuwstęgowej modulacji amplitudy. I tym razem krótkofalarstwo stało się poletkiem doświadczalnym, na którym w szerokim zakresie zastosowań wykazano przydatność nowego rozwiązania bez narażania gospodarki na wysokie koszty wieloletnich doświadczeń prowadzonych na skalę światową. Warto zaznaczyć w tym miejscu, że cały rozwój krótkofalarstwa od jego początków do teraz jest oparty o własne nakłady finansowe, pracy i czasu radioamatorów. Przeliczenie tych nakładów i wyrażenie wartości zdobytej dobrowolnie wiedzy (i doświadczenia) w jakiegokolwiek walucie nie jest wogóle możliwe.

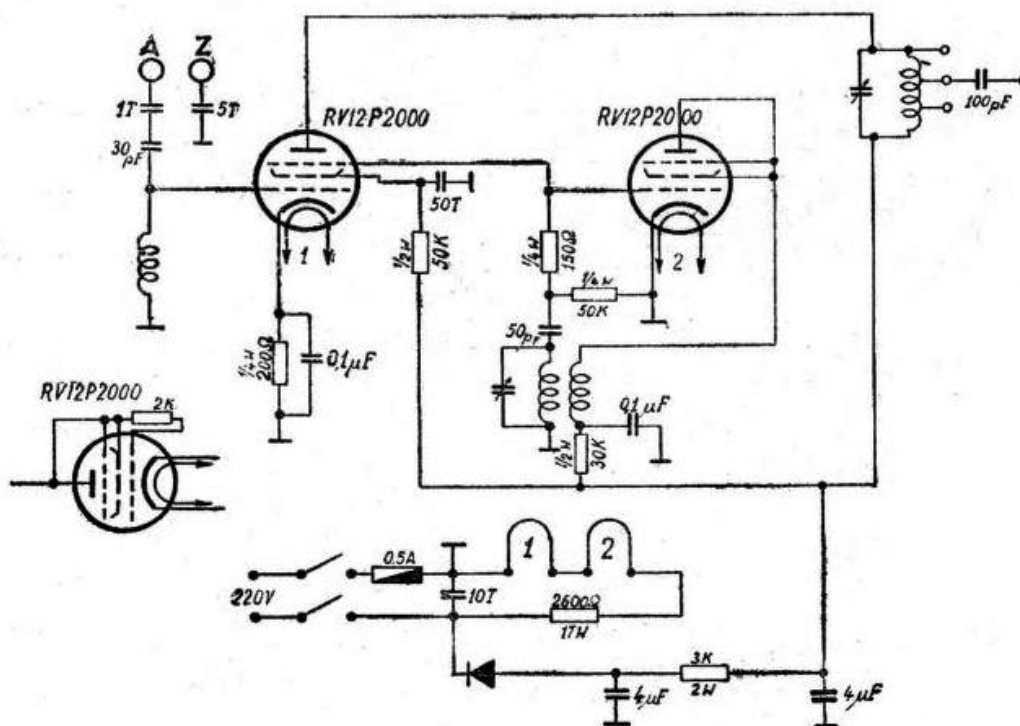
Z biegiem lat sprzęt stawał się coraz bardziej skomplikowany i niemożliwy do wykonania w warunkach domowych, a od czasu transformacji ustrojowej coraz łatwiej dostępny był sprzęt fabryczny, więc stopniowo krótkofalowcy odeszli od własnych konstrukcji sprzętu nadawczo-odbiorczego poza sprzętem stosunkowo prostym, którego montaż zaspokajał żylkę majsterkowiczowską ograniczonego grona amatorów lub niósł ze sobą wartości dydaktyczne. Samodzielna konstrukcja wyposażenia przestała być koniecznością, a stała się domeną pewnej szczególnej grupy hobbystów przynoszącą im dużo radości i satysfakcji. Nie może to być jednak podstawą do krytykowania tych, którzy z rozmaitych względów korzystają ze sprzętu fabrycznego. I tak wszyscy krótkofalowcy muszą się dużo nauczyć poczynając od strony operatorskiej, teorii, propagacji fal, podstaw systemów cyfrowych itd.

Od ok. 1985 r. krótkofalowcy stosują intensywnie systemy łączności cyfrowej na falach krótkich i ultrakrótkich przy użyciu komputerów PC, androidowych, iOS i nowoczesnych telefonów komórkowych. Do najbardziej rozpowszechnionych należały RTTY, Packet Radio, AMTOR, PACTOR, PSK31 wraz z pochodnymi, system Hella i telewizja wąskopasmowa SSTV a obecnie rodzina emisji WSJT – FT8 i FT4, Vara itp. W zakresie fal długich i średnich stosowane są eksperymentalne systemy cyfrowe pozwalające na prowadzenie łączności przy użyciu sygnałów leżących poniżej poziomu szumów i zakłóceń. Krótkofalowcy udowodnili w ten sposób, że możliwe jest utrzymywanie w tym zakresie łączności o zasięgu światowym nie tylko przy zastosowaniu mocy nadawania rzędu setek kW i MW, ale także przy mocach promieniowania rzędu 1 W.

Od 1961 roku krótkofalowcy zajmują się także łącznością satelitarną wykorzystując w tym celu specjalne satelity amatorskie – opracowywane i konstruowane przez organizacje amatorskie (AMSAT) przy współpracy z ośrodkami naukowymi.

3.2. Układy odbiorników KF

3.2.1. Przystawki do odbioru fal krótkich



Schemat przystawki.

Rys. 3.2.1.1. Schemat ideowy przystawki krótkofalowej

Dwulampowa przystawka umożliwiająca odbiór fal krótkich na radiofonicznych odbiornikach średniofalowych zawierała dwie poniemieckie pentody RV12P2000, które można było zastąpić przez ówczesne UCH21 lub podobne. Opis pochodzi z *Radioamatora* 4/1951.

Częstotliwość wyjściowa leżała w zakresie 550 – 600 m. Obwód rezonansowy dostrojony do częstotliwości pośredniej (wyjściowej) znajdował się w anodzie pierwszej lampy – mieszającej. Aperiodyczny obwód wejściowy oznaczał uproszczenie dostrojenia przystawki do stacji jedynie przez przestrojenie heterodyny za pomocą kondensatora zmiennego. Przystawka mogła służyć do odbioru stacji radiofonicznych (w tym słuchanej powszechnie „Wolnej Europy” albo innych rozgłośni zachodnich jak BBC czy *Głos Ameryki*) i nadających fonią AM stacji amatorskich. Emisja jednowstęgowa SSB weszła do użytku znacznie później.

Mieszacz pracował na pierwszej lampie, do której siatki sterującej doprowadzony był sygnał wejściowy, a do siatki hamującej sygnał heterodyny. Heterodyna pracowała na drugiej lampie połączonej w układzie triodowym (siatki ekranująca i hamująca były połączone z anodą).

Przystawka była zasilana bezpośrednio z sieci, przy czym żarzenie lamp było połączone szeregowo i obwód zawiera dodatkowo opornik 2600 Ω o mocy strat 17 W. Prostownik selenowy można było zastąpić przez trzecią lampę RV12P2000 w układzie diodowym. Przy prostowaniu lampowym opornik redukcyjny należało zmniejszyć o 270 Ω (do 2330 Ω) i włókno żarzenia lampy prostowniczej włączyć w szereg. Zamiast opornika redukcyjnego można było zastosować kondensator o pojemności 1,1 μF o napięciu przebicia wyższym od napięcia sieci. Równoległe do niego konieczne był opór upływowy 0,5 – 1 MΩ. Metoda ta była wówczas i później często stosowana w zasilaczach beztransformatorowych niższego napięcia, w tym również w zasilaczach do ładowania akumulatorów.

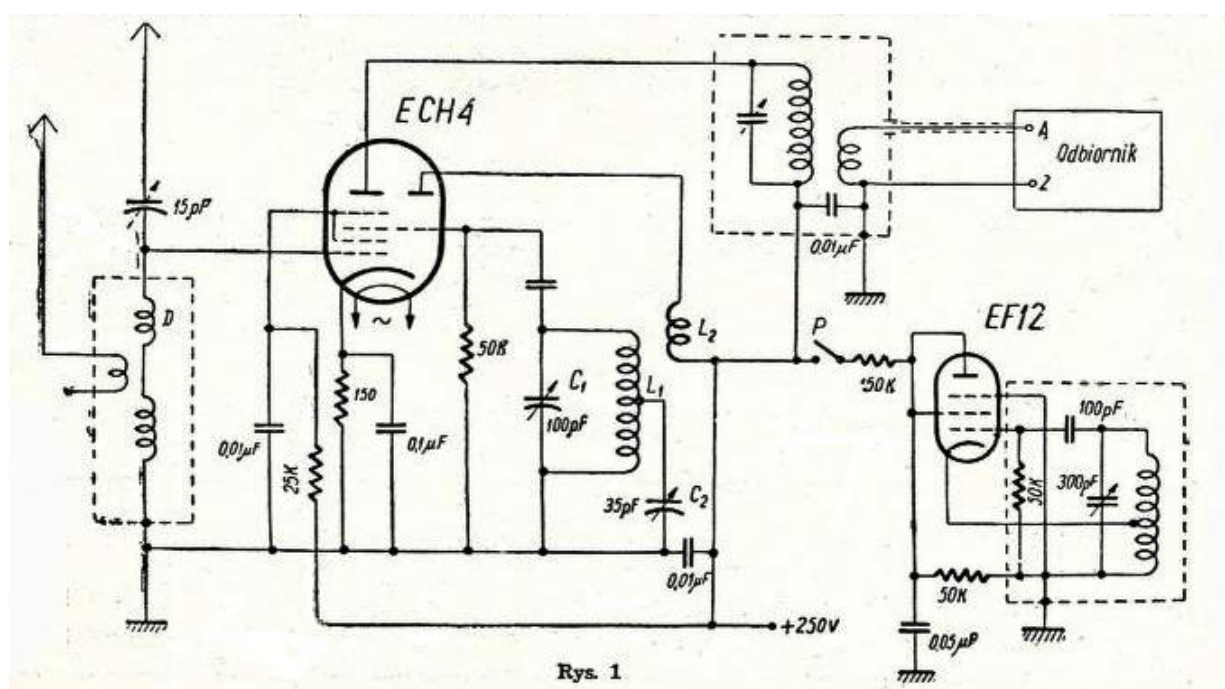
Dane cewek: L1 – 30 zwojów DNEJ 0,6 (w izolacji jedwabnej), na korpusie o średnicy 15 – 20 mm; L2 – 6 zwojów DNEJ 0,2 na korpusie (rurce) j.w.; L3 – 9 zwojów DNEJ 0,6 mm na rurce z L2; L4 – 100 zwojów DNEJ 0,15 na rurce (korpusie) o średnicy 15 – 50 mm.

Pozostałe elementy:

C1 – kondensator obrotowy powietrzny 400 – 500 pF; C2 – obrotowy ze stałym dielektrykiem 400 – 500 pF; 2 x 4 $\mu\text{F}/300\text{ V}$; 2 x 0,1 μF ; 2 x 0,05 μF ; 0,05 μF ; 5000 pF; 1000 pF; 100 pF; 50 pF; 30 pF; opornik drutowy 2600 Ω 18 W; 3000 Ω 2 W; masowe 100 k Ω 0,5 W; 50 k Ω 0,5 W; 30 k Ω 1 W; 200 Ω 0,5 W; 150 Ω 0,25 W.

„Krótkofalowa przystawka superowa” opracowana przez J. Zimowskiego została opublikowana w numerze 12/1951 *Radioamatora*. W odróżnieniu od poprzedniej i odbiorników radiofonicznych z zakresem fal krótkich pozwalała na odbiór stacji amatorskich pracujących telegrafią.

W stopniu przemiany pracowała trioda-heksoda ECH4 lub lub trioda-heptoda ECH21. Jej część triodowa pracowała jako heterodyna, a część heksodowa – jako mieszacz. Obwód wejściowy był aperiodyczny (z anteną sprzężoną pojemnościowo) więc dostrajanie do odbieranej stacji wymagało jedynie strojenia heterodyny. Upraszczało to konstrukcję, uruchomienie i dostrojenie konwertera do pożądanego zakresu pracy. Nieistotny był w tym przypadku problem współbieżności przestrojenia heterodyny i obwodów wejściowych. Zamiast sprzężenia pojemnościowego można było dodać cewkę 5 – 6-zwojową umieszczoną między dławikami obwodu wejściowego i sprząc antenę indukcyjnie.



Rys. 3.2.1.2. Schemat ideowy przystawki krótkofalowej z generatorem dudnieniowym

Dławiki były nawinięte przewodem miedzianym DNE 0,5 mm lub przewodem w izolacji jedwabnej na rurce izolacyjnej o średnicy 1,5 – 2 cm. Składały się one z pierwszego uzwojenia 15 zwojów nawiniętych jednowarstwowo i drugiego uzwojenia 40 zwojów w odległości 15 mm. Ewentualna cewka służąca do indukcyjnego sprzężenia z anteną była nawinięta między nimi przewodem o tej samej średnicy lub cieńszym. Otrzymany dławik pokrywał pasma 3,5, 7, 14 i 28 MHz. Dławik należało umieścić w metalowym kubku ekranującym.

Obwód heterodyny składał się z wymiennych cewek, kondensatora C1 o pojemności maksymalnej 100 – 120 pF (dowolnego kondensatora strojeniowego z dielektrykiem powietrznym) i precyзера C2 (kondensatora obrotowego, ze skalą i ewentualną przekładnią mechaniczną) o pojemności 30 pF. C1 służył do zgrubnego dostrojenia do pasm amatorskich, a C2 do strojenia wewnątrz pasma. Cewki L1 były nawinięte na karkasach (korpusach) kalitowych cylindrycznych lub żeberkowych o zewnętrznej średnicy 30 mm przewodem miedzianym 0,8 mm w izolacji emaliowej (DNE) lub jedwabnej (DNJ). Posiadały one odczepy do podłączenia kondensatora C2. Cewki sprzężenia zwrotnego były nawinięte od strony ich siatkowego końca L1 w odległości 1 mm. Nawinięte na karkasy cewki były montowane na cokołach lamp z serii E lub A, a na chassis była zamontowana odpowiednia podstawka lampowa. Cewki mogły być zaekranowane kubkami metalowymi.

Opornik w katodzie ECH4 miał wartość 150 Ω . Po zastąpieniu jej przez ECH3 należało zmienić go na 200 Ω i opór w siatce ekranującej na 40 k Ω .

Obwód p.cz. w obwodzie anodowym mieszacza był dostrojony do częstotliwości 1400 – 16 kHz. Był on wykonany z dwóch cewek koszykowych osadzonych współosiowo na rurce bakelitowej w odległości 20 – 25 mm. Cewka anodowa miała 70 – 80 zwojów, a cewka sprzęgająca 20 – 25 zwojów. Równoległe do cewki anodowej był włączony kondensator dostrojczy 100 pF.

Tabela 3.2.1.1

Dane cewek

Pasmo [MHz]	3,5		7		14		21		28	
cewka	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
Liczba zwojów	24	7	15	5	7	3	5	3	3	2
Odczepna	15	–	6	–	3	–	2	–	1	–
Długość uzwojenia	30 mm	–	30 mm	–	30 mm	–	30 mm	–	30 mm	–

Generator dudnieniowy (ang. BFO) do odbioru telegrafii pracował na lampie EF12 w układzie triody na częstotliwości pośredniej w zakresie 1400 – 1600 kHz (tej samej, do której był dostrojony obwód anodowy mieszacza). Cewka generatora była nawinięta na karkasie o średnicy 30 mm i składała się z 75 zwojów z obczepem na 25 zwoju od strony masy. Jako kondensator dostrojczy służył kondensator obrotowy o pojemności maksymalnej 300 – 500 pF z dielektrykiem powietrznym lub mikowym. Zauważmy, że w odróżnieniu od opisów przedwojennych pojemności były podawane w pikofaradach, a nie w centymetrach. Cewka obwodu wyjściowego była podłączona do wejścia odbiornika za pomocą krótkiego przewodu ekranowanego. Zasilanie konwertera było pobierane z odbiornika, z którym współpracował.

3.2.2. Odbiornik zaawansowanego krótkofalowca

Opis odbiornika konstrukcji Wojciecha Nietykszy SP5FM został opublikowany w numerze 12/1954 *Radioamatora*. Była to konstrukcja rozbudowana i przeznaczona dla zaawansowanych krótkofalowców. Była to superheterodyna z podwójną przemianą częstotliwości, 14 obwodach strojonych i 11 lampach, w tym kilku lampach kombinowanych. Pokrywał on zakres 1,5 – 18 MHz w pięciu podzakresach i dodatkowo zakres długofalowy 200 – 500 kHz. Do odbioru w pasmach 21, 28 i 144 MHz przewidziane były konwerter kwarcowe na triodach.

Odbiornik miał dwa stopnie wzmocnienia w.cz., stopień przemiany z osobnym oscylatorem, pierwszy stopień p.cz. 915 kHz z filtrem kwarcowym, drugi stopień przemiany z generatorem kwarcowym, pierwszy stopień wzmocnienia p.cz. 85 kHz, generator dudnieniowy (BFO) do odbioru telegrafii, demodulator diodowy, wzmacniacz selektywny m.cz. z filtrem 900 Hz, wzmacniacz m.cz., ręczną i automatyczną regulację wzmocnienia, zmienne sprzężenie z anteną, regulowany ogranicznik zakłóceń, optyczny wskaźnik dostrojenia, wyjście na słuchawki i na głośnik oraz kalibrację skalowania harmonicznymi kwarcu co 1 MHz. Wstęga przenoszenia dla fonii wynosiła od 1,05 kHz do 4 kHz, a najwęższa wstęga dla telegrafii 85 Hz przy włączonym filtrze akustycznym. Czułość leżała poniżej 1 μ V. Był to więc odbiornik na poziomie bardzo dobrych odbiorników fabrycznych, które ani wówczas ani długo potem nie były dostępne dla polskich krótkofalowców. Ilość czasu i pracy poświęcone na budowę musiały być gigantyczne. W konstrukcji mechanicznej wykorzystano obudowę, ramę metalową, przełącznik zakresów, agregat strojeniowy, przekładnię napędu kondensatora i skali, część cewek wejściowych i filtr kwarcowy z demobilowego odbiornika armii amerykańskiej BC348R. Zasilacz i głośnik były zamontowane w drewnianej obudowie od głośnika radiowęzłowego. Dla przyspieszenia radiofonizacji i utrudnienia odbioru rozgłośni zachodnich forsowano wówczas sieci radiofonii przewodowej – radiowęzłów (dostarczających pierwszego programu Polskiego Radia).

We wzmacniaczu w.cz. zastosowano w pierwszym stopniu pentodę 6AC7 (6Ż4) o nachyleniu 9 mA/V i równoważnym oporze szumów 720 Ω , a w drugim selektodę (lampę o zmiennym nachyleniu) 6SK7 (6K3), do której było doprowadzone napięcie ARW¹. Jako pierwszy mieszacz pracowała lampka 6AC7 (6Ż4). Nachylenie przemiany wynosiło 3,4 mA/V, a równoważny opór szumów 2,75 k Ω . Oscylator pracował w typowym układzie z uziemioną anodą i sprzężeniem indukcyjnym.

Obwód anodowy mieszacza na p.cz. 915 kHz był indukcyjnie sprzężony z filtrem kwarcowym. Specjalne wykonanie rezonatorów do tego celu zapewniało bardzo niską oporność na częstotliwości rezonansu szeregowego i wysoką na pozostałych częstotliwościach. Zachowywała się ona jak szeregowy obwód rezonansowy o bardzo dużej dobroci. Rezonator specjalny tego typu był stosowany w przedwojennej konstrukcji superheterodyny Jana Ziembickiego SP1AR. Wstęga (pasmo) przenoszenia wynosiła 1,2 kHz co uniemożliwiało użycie go przy odbiorze fonii. Filtr mógł być używany tylko przy odbiorze telegrafii, a na fonii musiał być zwierany. We wzmacniaczu p.cz. 915 kHz pracowała również selektoda 6SK7.

W stopniu drugiej przemiany użyto triody-heptody ECH21. Jej część triodowa służyła jako generator kwarcowy (w układzie siatka-anoda) 1 MHz do kalibracji częstotliwości i jako druga heterodyna, a część heptodowa jako mieszacz. Harmoniczne 1 MHz były odbierane na początku wszystkich pasm amatorskich poza 3,5 MHz. W anodzie mieszacza znajdował się transformator w.cz. (filtr pasmowy o regulowanym sprzężeniu) dostrojony do częstotliwości 85 kHz.

Część heptodowa kolejnej lampy ECH21 pracowała jako wzmacniacz p.cz. 85 kHz, a jej część triodowa jako generator dudnieniowy o częstotliwości 85,9 kHz. Demodulacja sygnału odbywała się na lewej diodzie lampy 6SQ7. Jako wskaźnik dostrojenia służyła lampka 6E5.

Jako ogranicznik zakłóceń, z ręczną regulacją progu pracował jeden z systemów triodowych 6SL7. W selektywnym wzmacniaczu m.cz. obwód rezonansowy stanowiło uzwojenie wtórne transformatora m.cz. z podłączonym równolegle kondensatorem. Dla zawężenia charakterystyki przenoszenia (powiększenia dobroci) w układzie zastosowano dodatkowo sprzężenie zwrotne.

Napięcie zasilania pierwszej heterodyny, BFO ekran pierwszej mieszacza i ogranicznik było stabilizowane za pomocą stabilizatora gazowego (jarzeniowego) VR 105/30.

Jako usprawnienie dla telegrafistów autor proponował zastąpienie detektora diodowego i BFO przez detektor iloczynowy. Przy typach lamp w nawiasach podano oznaczenia rosyjskie.

3.2.3. Odbiornik 1-V-1 dla nasluchowców

Rozwiązanie autorstwa Jana Świtalskiego SP8-001 zostało opublikowane w numerze 8/1955 *Radioamatora*. Trzylampowy odbiornik składał się ze wzmacniacza wielkiej częstotliwości na EF9, detektora siatkowego ze sprzężeniem elektronowym (ECO) na EF6 i wzmacniacza m.cz. również na EF6. Wszystkie trzy lampy były pentodami w.cz., z tym że pierwsza z nich była lampką o zmiennym nachyleniu charakterystyki – selektodą. Zastosowano w nim strojone obwody rezonansowe zamiast dostrojonych do środków pasm.

Potencjometr Pot1 o wartości 20 k Ω w katodzie pierwszej lampy służył do regulacji siły odbioru oraz w pewnym stopniu także selektywności (przez zmianę oporności wewnętrznej lampy i jej wpływ na dobroć obwodu).

Obwód strojony składał się z cewki antenowej L1 i siatkowej L2 oraz z kondensatora zmiennego C1 o pojemności początkowej 20 pF i końcowej 500 pF. Dzięki dużej pojemności końcowej można było dostrajać odbiornik do sześciu pasm amatorskich przy użyciu trzech korpusów dla cewek L1, L2 oraz trzyczakresowego przełącznika. W pierwszej pozycji odbiornik pokrywał pasma 28 i 21 MHz, w drugiej – pasma 14 i 7 MHz, a w trzeciej – 3,5 i 1,8 MHz. Indukcyjności cewek L1 i L2 są tak dobrane, że dostrojenie się do większych częstotliwości następowało przy niemal zupełnie otwartym kondensatorze, a do mniejszych przy około połowie pojemności. Zależnie od dostępnego przełącznika można było też zastosować podział na 6 pojedynczych pasm.

Ujemne napięcie siatki wzmacniacza w.cz. było uzyskiwane na oporniku R1 i szeregowo z nim połączonym potencjometrze Pot1. Anoda lampy EF9 była zasilana przez cewkę L3 sprzęgającą wzmac-

¹ W selektodach siatka sterująca była nawinięta ze zmiennym skokiem dlatego też blokowała przepływ elektronów na zmiennym obszarze w zależności od jej ujemnego napięcia. Wbrew nazwie siatka był to spiralnie nawinięty przewód, w zwykłych lampkach z jednakowym skokiem.

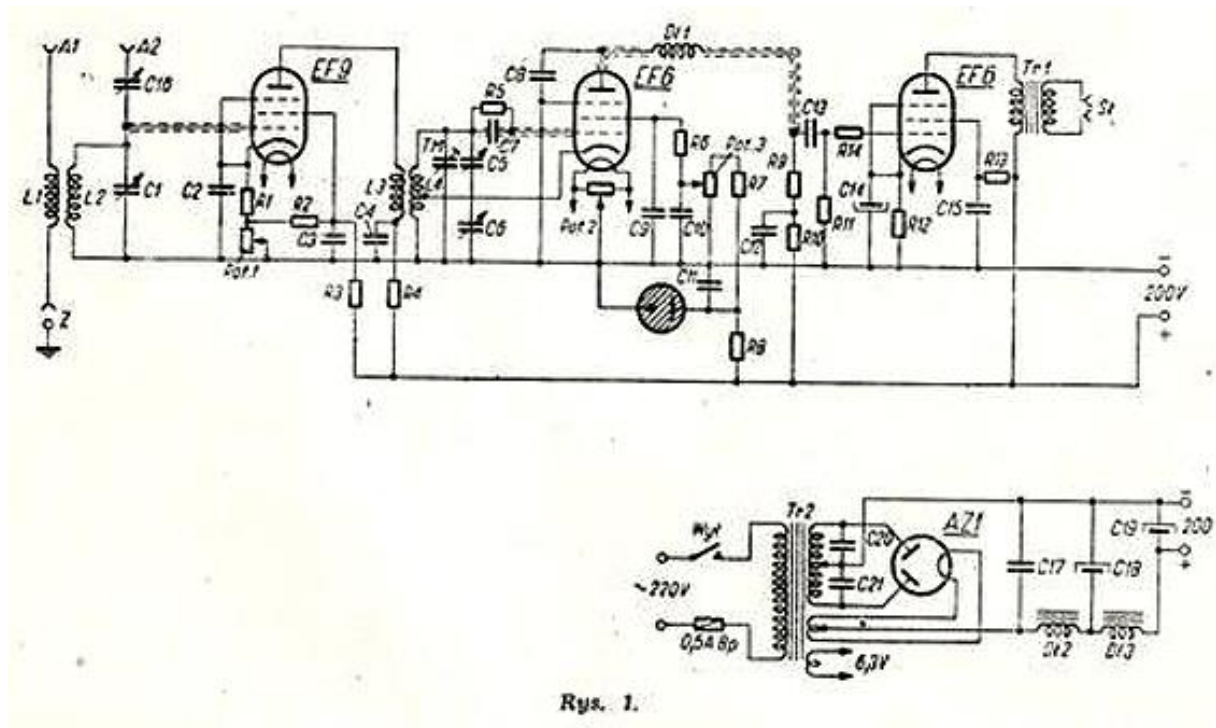
niacz z audionem. Siatka ekranująca (osłonna) była zasilana z dzielnika R2 i R3. R4 i C4 stanowiły filtr odsprzęgający zapobiegający powstawaniu sprzężeń pasożytniczych.

W drugim stopniu pracowała pentoda EF6 w charakterze audionu w układzie sprzężenia elektronowego ECO. Cewki L3 (sprzegająca) i L4 (siatkowa) są wymienne, nawinięte na 6 cokołach ze starych lamp. Można było także użyć 6-pozycyjnego przełącznika i osiągnąć jednogłkowe strojenie obwodu wejściowego i audionu. Dławik Dł składał się z czterech sekcji po kilkanaście zwojów nawiniętych na rurce izolacyjnej o średnicy 10 mm. Liniowy potencjometr Pot3 służył do regulacji reakcji. Dla uzyskania możliwie dużego wzmocnienia napięciowego w stopniu m.cz. zastosowano również pentodę EF6. Jako transformatora wyjściowego można było użyć transformatora międzystopniowego o przekładni 6:1. Obwód anodowy był zasilany przez uzwojenie o większej liczbie zwojów, a słuchawki były podłączone do uzwojenia o niższej.

W stopniu w.cz. cewki L1 i L2 były nawinięte na wspólnych korpusach: dla 28 i 21 MHz oraz 14 i 7 MHz na korpusach kalitowych a na 3,5 i 1,8 MHz na bakelitowych lub preszpanowych.

W audionie cewki L3 i L4 były nawinięte wspólnie na cokołach od starych lamp. Cewki L4 miały własne trymerki TM o pojemnościach początkowych kilku pF i końcowych około 30 pF. Cewki były tak dostrajane, żeby dolne granice pasm amatorskich wypadały w pobliżu pojemności 60 pF kondensatora strojeniowego.

Cewki L1 i L2 miały po kilka zwojów (3 – 5) nawiniętych na wspólnych korpusach z L2 względnie L4 w odległości 3 – 4 mm od ich uziemionych końców.



Rys. 1.

Rys. 3.2.3.1. Schemat odbiornika

Spis elementów:

Kondensatory:

C1, C5 – zmienny 500 pF z izolacją ceramiczną; C2, C3, C4 blokowy 0,1 μ F/750 V;

C6, C16 – zmienny lub trymer 30 pF z izolacją ceramiczną; C7, C8 – 100 pF mikowy;

C9, C10, C11, C15 – blokowy 0,5 μ F/750 V; C12 – mikowy lub ceramiczny 5 nF;

C14 – elektrolityczny 50 μ F/30 V; C17 – blokowy 0,5 μ ; C18, C19 – elektrolityczny 32 μ F/350 V

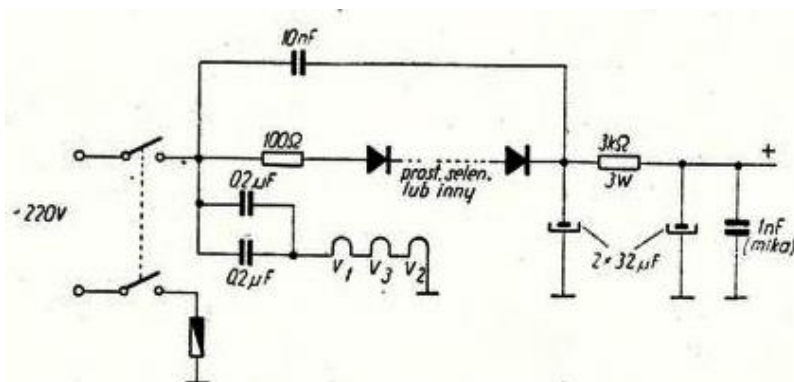
Oporniki:

R1, R12 – masowy lub drutowy 500 Ω /1 W; R2, R3, R10 – masowy 50 k Ω /1 W; R4 – masowy 5 k Ω /1 W; R5, R11 – masowy 1 k Ω /1 W; R6 – masowy 10 k Ω /1 W; R7 – masowy 50 k Ω /1 W; R8 – masowy 20 k Ω /1 W; R9 – masowy 0,5 M Ω /0,5 W; R13 – masowy 0,1 M Ω /1 W; R14 – masowy 50 k Ω /0,5 W.

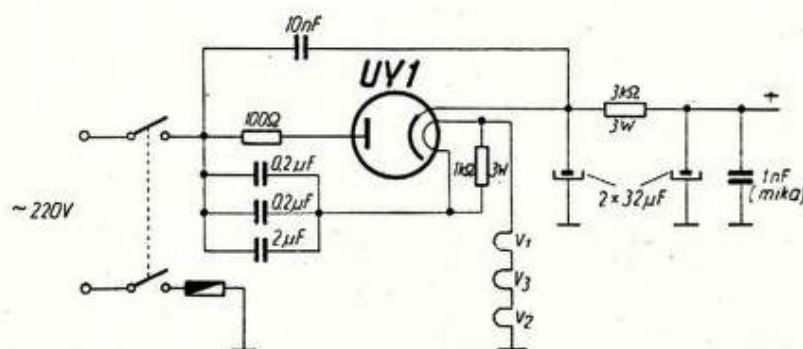
TR2 – sieciowy 220 V/2 x 250 V/20 mA, 2x2 V/1 A żarzenie lampy prostowniczej, 6,3 V/1 A, żarzenie lamp odbiorczych.

Antena była sprzężona ze wzmacniaczem w.cz. przez kondensator zmienny 100 – 150 pF podłączony do odczepu cewki obwodu wejściowego. Obwód wejściowy był strojony za pomocą jednej sekcji kondensatora strojeniowego o pojemności końcowej 40 pF. Równolegle włączone są trymery umożliwiające dostrojenie tak, aby odbiornik dokładnie pokrywał pasma amatorskie. Cewki mogły być nawinięte powietrznie lub na rdzeniach proszkowych. Wzmacniacz w.cz. pracował w układzie kaskody na lampie ECC81. Kaskoda pozwala na osiągnięcie znacznego wzmocnienia przy niskich szumach własnych (szumach tylko jednej lampy), a poza tym pracuje stabilnie bez tendencji do wzbudzenia się. Również drugi stopień – detektor siatkowy z reakcją pracował na podwójnej triodzie ECC81 w układzie kaskody. Pierwsza trioda pracuje w układzie ze sprzężeniem elektronowym (ECO) – Hartleya z wtórnikiem katodowym – natomiast druga reguluje nachylenie charakterystyki zmieniając w ten sposób sprzężenie zwrotne. Uzyskiwane jest to przez zmianę napięcia siatki od zera do wartości określonej przez dzielnik oporowy, a przez to napięcia na anodzie pierwszej lampy. W anodzie drugiej triody znajdował się filtr dla resztek napięcia w.cz. Siatka drugiej lampy jest uziemiona dla prądów w.cz., a więc stopień ten pracuje w układzie wspólnej siatki – jak na kaskodę przystało (patrz także p. 4.5). Ostatnim stopniem był kaskodowy wzmacniacz m.cz. również na ECC81. Możliwy był odbiór na słuchawki lub na głośnik małej mocy.

Zamiast zasilacza transformatorowego dla zasilania prądem zmiennym można było zastosować jedno z przedstawionych dalej rozwiązań zasilacza uniwersalnego (dla prądu zmiennego i stałego). Zasilacz dla prądu zmiennego pozwalał na uzyskanie wyższego napięcia anodowego, a co za tym idzie i czułości przy mniejszym przydźwięku sieci.



Rys. 3.2.4.2. Zasilacz uniwersalny z prostownikiem selenowym lub diodami germanowymi



Rys. 3.2.4.3. Zasilacz uniwersalny z prostownikiem lampowym

Po zastąpieniu wzmacniacza w.cz. przez stopień przemiany częstotliwości i dostrojenie detektora reakcyjnego do częstotliwości pośredniej otrzymano prosty odbiornik superheterodynowy.

Cewki wejściowe i oscylatora w odbiorniku superheterodynowym były identyczne dla pasm 14, 21 i 28 MHz. Dla zakresów 3,5 i 7 MHz (w szczególności dla 3,5 MHz) należało nieco zmniejszyć indukcyjność cewki oscylatora za pomocą rdzenia lub przez odjęcie kilku zwojów. Częstotliwość oscylatora była większa od odbieranej o częstotliwość pośrednią. Była ona mała w porównaniu do częstotliwości

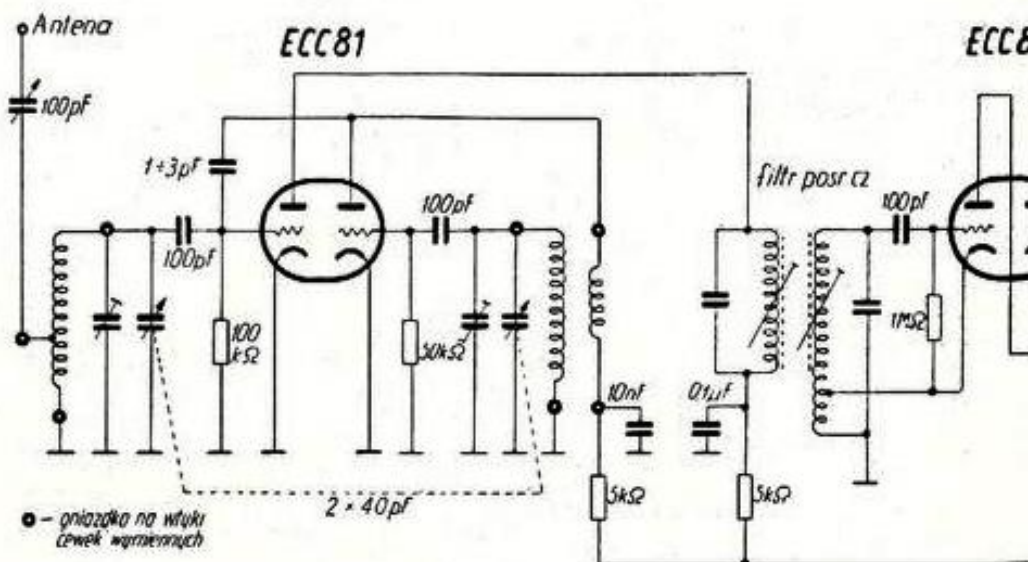
pasem 21 i 28 MHz, dlatego też cewki dla nich wymagały tylko niewielkich przestrojeń. Zapewnienie współbieżności strojenia obwodów wejściowych i oscylatora (heterodyny) w stosunkowo wąskich pasmach amatorskich nie było trudne.

Tablica danych dotyczących cewek odbiornika 1V1

Częstotliwość MHz	Obwód wejściowy		Obwód detektora				Cewka sprzęgająca	
	Cewka siatkowa L_1	Ilość zwojów od końca umasionego	Indukc. L_2 μ H	Liczba zwojów	Srednica drutu mm	Ilość od końca umasionego	Liczba zwojów	Srednica drutu mm
3,5	$L_1 = L_2$	10	17	36	0,2	7	15	0,2
7	"	5	4,3	18	1	5	7	0,3
14	"	4	1,1	8	1,5	3	5	0,3
21	"	3	0,5	6	2	2	4	0,3
28	"	3	0,3	4	2	1,5	3	0,3

Rys. 3.2.4.4. Dane cewek. Cewki obwodów były nawinięte jednowarstwowo zwoj obok zwoju wprost na cokole albo na rurce pertinaksowej, a cewki sprzęgające na nich

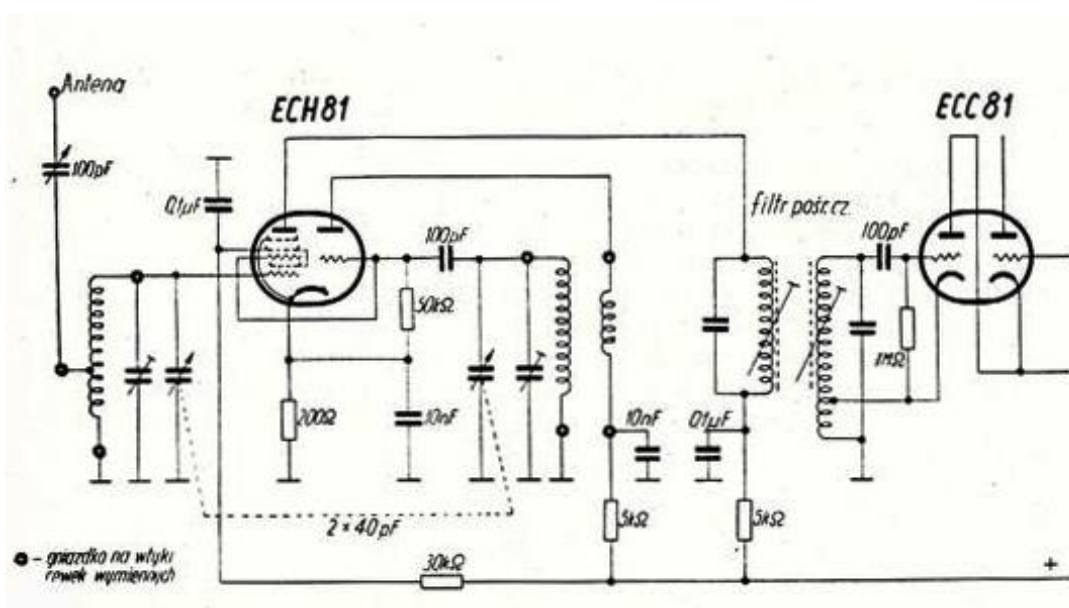
W pierwszym wariantcie stopnia przemiany pracowała podwójna trioda ECC81, a w drugim typowa wówczas lampa mieszająca ECH81. Wariant drugi zapewniał większą czułość i łatwiej było wykonać odbiornik o zasilaniu uniwersalnym. Częstotliwość pośrednia mogła leżeć pomiędzy 100 i 480 kHz w zależności od posiadanych filtrów².



Rys. 3.2.4.5. Stopień przemiany na ECC81

Czułość odbiornika superheterodynowego wynosiła 5 – 10 μ V przy 5 mW mocy w słuchawkach, a dla odbiornika 1-V-1 było to około 20 μ V przy tej samej mocy m.cz.

² p.cz.; ang. IF, niem. ZF.



Rys. 3.2.4.6. Stopień przemiany na ECH81

Jeszcze w 1963 roku w numerze kwietniowym *RiK* ukazał się opis trzylampowego odbiornika o bezpośrednim wzmacnieniu w układzie 1-V-2. Był on przewidziany dla początkujących krótkofalowców, w pierwszym rzędzie nasłuchowców, ale również i nadawców.

Wzmacniacz w.cz. pracował w układzie wspólnej siatki na systemie triodowym ECF82, a część pentodowa służyła jako detektor siatkowy z reakcją. Reakcja jest zasadniczo ustawiona na stałym poziomie i tylko przełączana do odbioru fonii lub telegrafii. Przy zwartym przełączniku reakcja była ustawiona na odbiór fonii tuż przed progiem wzbudzenia, a do odbioru telegrafii włączany jest dodatkowy opornik 20 kΩ powodujący zmianę stopnia podziału napięcia w dzielniku zasilającym ekran lampy. Podwyższenie napięcia siatki ekranującej powoduje zwiększenie wzmożenia i wzbudzenie się drgań. Dwustopniowy wzmacniacz m.cz. pracował w konwencjonalnym układzie na triodzie-pentodzie ECL82 przy czym oba stopnie były objęte niewielkim ujemnym sprzężeniem zwrotnym (napięcie z uzwojenia wtórnego transformatora było podawane na katodę wzmacniacza wstępnego). Lampa zasiłała mały głośnik. Odbiornik był wyposażony w regulator barwy tonu złożony z kondensatora 5 nF i potencjometru PB 100 kΩ. Siła głosu była regulowana potencjometrem Ps. Do odbioru słuchawkowego przewidziano odpowiednie gniazdko.

Spis najważniejszych elementów:

L1, L2 – zespoły wymiennych cewek; C1, C2 – agregat kondensatorów o maksymalnej pojemności 40 pF; głośnik o oporności cewki 4 – 8 Ω; transformator głośnikowy od odbiornika „Figaro”, transformator sieciowy 220 V/ I: 200 V/50 mA, II: 6,3 V/1,5 A; 5 x kondensator ceramiczny 6,8 nF, kondensator ceramiczny 50 pF; 2 x kondensator ceramiczny 100 pF; 2 x kondensator ceramiczny 80 pF; kondensator blokowy 0,1 μF/250 V; kondensator blokowy 0,5 μF/250 V; kondensator styroflexowy 5 nF; kondensator elektrolityczny 2x50 μF/350 V; kondensator elektrolityczny 8 μF/250 V; kondensator elektrolityczny 25 μF/12 V; potencjometr logarytmiczny 0,5 MΩ z wyłącznikiem; potencjometr liniowy 0,1 MΩ;

oporniki 60 Ω/0,5 W; 1 MΩ/0,1 W; 2 x 2 kΩ/0,25 W; 2 x 20 kΩ/0,5 W; 2 x 0,1 MΩ/0,5 W; 0,5 MΩ/0,5 W; 200 kΩ/0,5 W; 0,5 kΩ/0,1 W; 300 Ω/1 W; 1 kΩ/2 W; 33 kΩ/0,1 W; mostkowy prostownik selenowy.

Agregat kondensatorów 2 x 40 pF można było zastąpić przez agregat 2 x 470 pF z włączonymi w szereg z każdą sekcją kondensatorami 50 pF, jak to przedstawiono na ilustracji.

Dane transformatora sieciowego: przekrój środkowej kolumny ok. 7 cm², uzwojenie pierwotne 1500 zwojów DNE 0,3 mm; uzwojenie wtórne 200 V 1400 zwojów DNE 0,25 mm, wtórne 6,3 V 45 zwojów DNE 1 mm.

Odbiornik pokrywał pasma 3,5 – 3,8 MHz, 7,000 – 7,100 MHz, 14,000 – 14,350 MHz, 21,000 – 21,450 MHz; 28,000 – 29,700 MHz. Cewki były nawinięte na korpusach prespanowych lub bakelitowych

Cewka	μH	Liczba zwojów	Srednica karkasa cewki	Długość uzwojenia	Srednica przewodu	Rodzaj nawinięcia	Odstęp między osiami cewek mm
L_1	—	tekst	—	—	—	—	—
L_2	—	15	7	—	0,2	koszykowe	—
L_3	50	70	7	3	lica $7 \times 0,07$	"	—
L_4	—	6	10	—	0,2	jednowarst.	—
L_5	13	36	10	11	0,2	"	—
L_6	—	5	10	—	0,3	"	—
L_7	3	18	10	13	0,5	"	—
L_8	—	4	12	—	0,3	"	—
L_9	1,5	11	12	15	0,8	"	—
L_{10}	—	3	12	—	0,3	"	—
L_{11}	0,8	8	12	12	0,8	"	—
L_{12}	—	20	7	—	0,2	koszykowe	—
L_{13}, L_{14}	60	70	7	3	lica $7 \times 0,07$	"	14
L_{15}	—	12	10	—	0,2	jednowarst.	—
L_{16}, L_{17}	15	40	10	18	0,25	"	15
L_{18}	—	7	10	—	0,3	"	—
L_{19}, L_{20}	4	20	10	15	0,5	"	17
L_{21}	—	5	12	—	0,3	"	—
L_{22}, L_{23}	1,7	11	12	15	0,8	"	20
L_{24}	—	4	12	—	0,3	"	—
L_{25}, L_{26}	1	9	12	13	0,8	"	15
L_{27}	10	44	7	14	0,2	"	—
L_{28}	3,8	26	7	14	0,5	"	—
L_{29}	1,2	13	7	14	0,8	"	—
L_{30}	0,45	9	7	14	1	"	—
L_{31}	0,3	6	7	14	1	"	—
L_{32}	—	tekst	—	—	—	—	—
L_{33}	—	"	—	—	—	—	—

Rys. 3.2.5.2. Tabela cewek

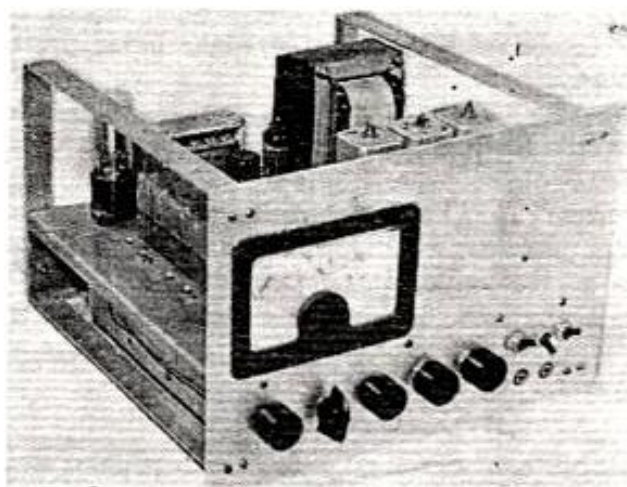
3.2.6. Odbiornik SP5WW z podwójną przemianą

Opis odbiornika został opublikowany przez Jerzego Węglewskiego SP5WW w numerze 2/1960 *Radioamatora*. Rozwiązanie zostało oparte na publikacjach z prasy amerykańskiej.

Odbiornik był 7-lampową superheterodyną o podwójnej przemianie częstotliwości, przy czym druga heterodyna była sterowana kwarcem, pokrywającym pasma 7 – 7,1 MHz, 14 – 14,35 MHz, 21 – 21,45 MHz i 28 – 29,7 MHz. Był on zasadniczo przewidziany do odbioru stacji telegraficznych dlatego też był wyposażony w wyjście słuchawkowe.

W stopniu wejściowym pracowała pentoda V1 6AC7 o dużym wzmacnieniu i niskim równoważnym oporze szumów. V2 typu 6AC7 służyła jako pierwszy stopień przemiany (jednosiatkowej z wykorzystaniem detekcji anodowej), a jako pierwsza heterodyna pracowała trioda V3 typu 6J5. Uzyskano w ten sposób dużą czułość przemiany przy niskich szumach własnych. Heterodyna pracowała w układzie Meissnera z obwodem rezonansowym w siatce. Oscylator pracował powyżej częstotliwości odbioru, a pierwsza p.cz. wynosiła 1700 kHz.

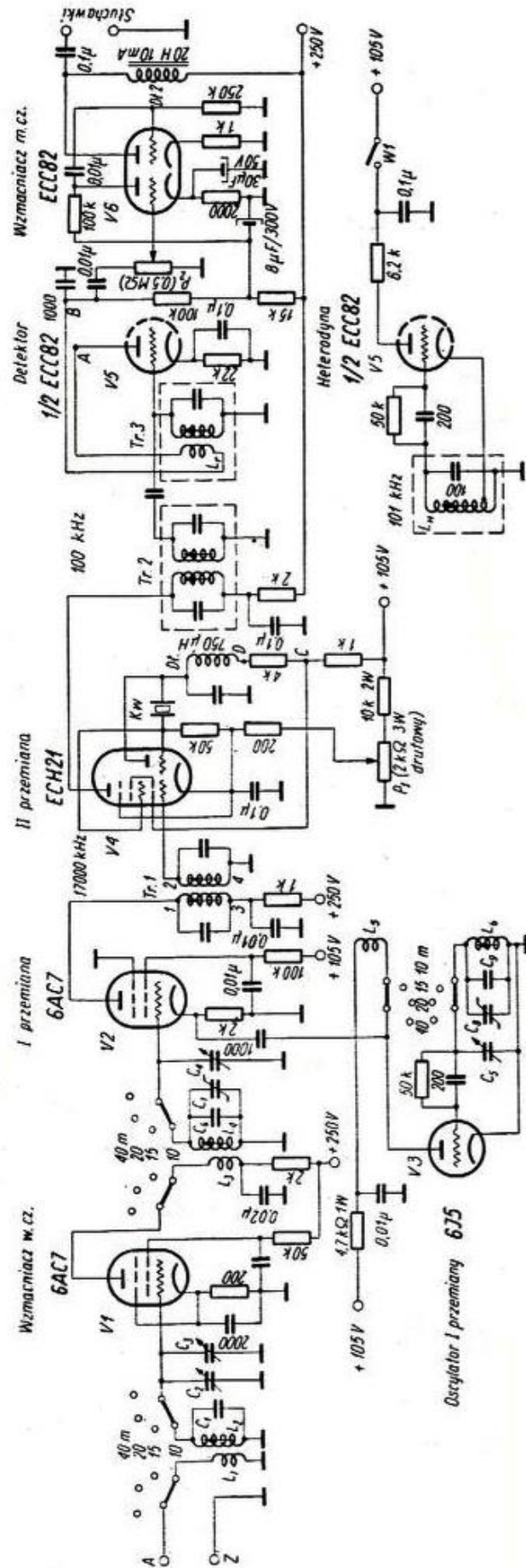
Następnym stopniem był drugi stopień przemiany na triodzie-heksodzie ECH21. Oscylator drugiej przemiany był stabilizowany kwarcem i pracował na częstotliwości 1600 kHz. Druga częstotliwość pośrednia wynosiła 100 kHz. Sygnały w anodzie V4 mogły być na tyle silne, że w stopniu tym zastosowano regulację wzmacnienia za pomocą potencjometru P1 w katodzie. Dla ograniczenia zakresu regulacji w szereg ze ślizgaczem włączony był opornik 200 Ω . W anodzie drugiego mieszacza znajdował się trzyobwodowy filtr 100 kHz, z którego sygnał był podawany na stopień detektora anodowego (połówka lampy V5). Jego podstawową zaletą była duża oporność wejściowa nie tłumiąca obwodu rezonansowego. Druga połówka lampy V5 pracuje jako generator dudnieniowy do odbioru telegrafii. Pracował on w układzie Hartleya ze sprzężeniem elektronowym (ECO)³. Sprzężenie z obwodem detektora odbywało się przez pojemność między połówkami lampy ECC82. Generator był zasilany napięciem stabilizowanym i wyłączany za pomocą wyłącznika W1. Dwustopniowy wzmacniacz m.cz. pracował również na lampie ECC82. Na jego wyjściu znajdował się dławik o indukcyjności 20 H. Słuchawki były zasilane przez kondensator 0,1 μF . Odbiornik miał czułość około 1 μV przy 25 mW mocy w słuchawkach.



Widok odbiornika z przodu

Fot. 3.2.6.3

³ Generator ECO jest odmianą układu Hartleya opartą na wtórniku katodowym



Rys. 3.2.6.1. Schemat odbiornika SP5WW

Pasma (MHz)	Obwód wejściowy						Obwód pierwszej przemiany						Obwód oscylatora					
	L_1		L_2		l_2 (mm)	C_1 (pF)	L_3		L_4		l_2 (mm)	C_6 (pF)	L_5		L_6		l_2 (mm)	C_3 (pF)
	ilość zwo- jów	drut ϕ	ilość zwo- jów	drut ϕ			ilość zwo- jów	drut ϕ	ilość zwo- jów	drut ϕ			ilość zwo- jów	drut ϕ	ilość zwo- jów	drut ϕ		
7	8	0,1	17	0,3	2,5	90	7	0,1	17	0,3	3	90	6	0,1	13	0,3	3	85
14	4 $\frac{1}{2}$	0,2	7 $\frac{1}{2}$	0,5	3	95	5	0,2	7 $\frac{1}{2}$	0,5	2,5	95	4	0,1	7	0,5	3	90
21	4	0,2	4 $\frac{1}{2}$	0,6	2	80	3	0,2	4 $\frac{1}{2}$	0,6	2	85	3 $\frac{1}{6}$	0,2	3 $\frac{5}{6}$	0,6	2	80
28	3	0,2	5	0,5	2	—	3	0,2	5	0,5	2	—	2 $\frac{1}{2}$	0,2	3 $\frac{2}{3}$	0,5	1,5	—

Uwagi

- 1) wszystkie cewki obwodów siatkowych nawinięte są drutem Cu (w emalii) z odstępem między zwojami,
- 2) długość nawinięcia $l_1 = 11,5$ mm dla wszystkich cewek,
- 3) wszystkie cewki obwodu antenowego oraz sprzęgające nawinięte są drutem Cu (2 x jedwab) — zwoj przy zwoju.

Rys. 3.2.6.2. Dane cewek

3.2.7. Prosty konwerter krótkofalowy

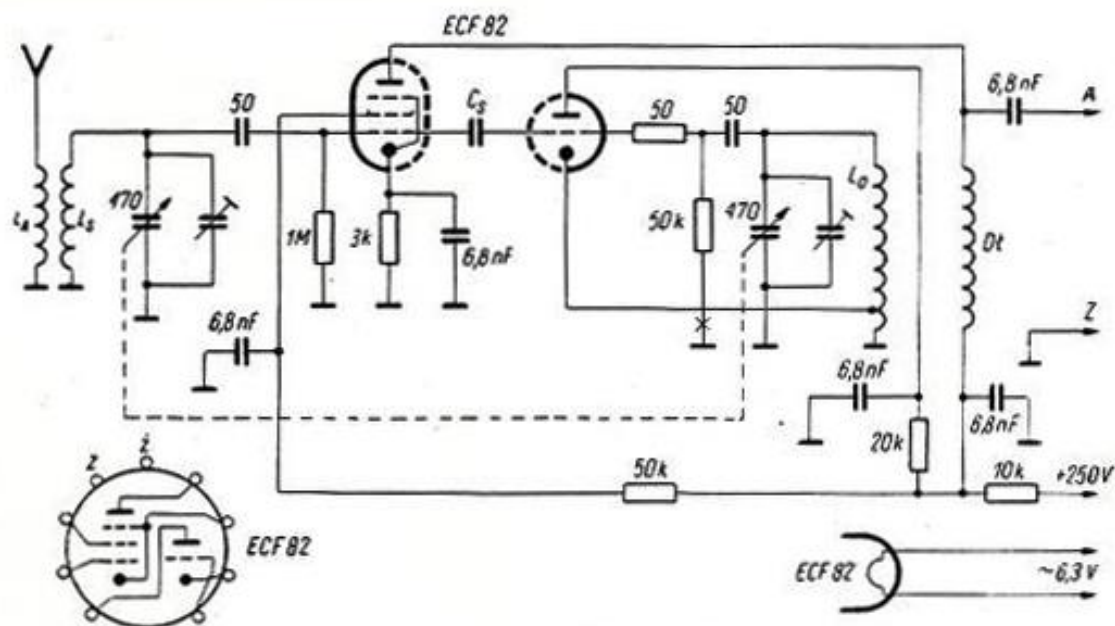
Oprócz opisów prostych odbiorników dla początkujących krótkofalowców *RiK* publikował również opisy prostych konwerterów – przystawek – do odbioru fal krótkich na dowolnych posiadanych odbiornikach (superheterodynowych lub z bezpośrednim wzmocnieniem). Najlepiej, aby miały one wejście antenowe. Rozwiązanie to było prostsze, tańsze i szybsze w realizacji niż budowa kompletnego odbiornika, przyspieszało wyjście w eter i dlatego cieszyło się zainteresowaniem. Opisany w numerze 9/1963 *Radioamatora i Krótkofalowca Polskiego* konwerter pracował na jednej lampie podwójnej ECF82, gdzie część pentodowa pracowała jako mieszacz jednosiatkowy (sumacyjny), a część triodowa jako heterodyna. Napięcie heterodyny było podawane przez niewielką pojemność na siatkę mieszacza połączoną również z obwodem wejściowym. Obwód wejściowy był przestrajany w odbieranym paśmie, a heterodyna pracowała na częstotliwości wyższej o częstotliwość pośrednią – w tym przypadku zakres p.cz. leżał pomiędzy 1200 – 1500 kHz. Heterodyna pracowała w układzie trójpunktowym – Hartleya na wtórniku katodowym.

Autor zwracał uwagę na dwie możliwości dostrajania zestawu konwertera i odbiornika do odbieranych stacji. W pierwszym przypadku konwerter był dostrajany zgrubnie do pasma, a precyzyjne dostrajanie do stacji odbywało się w zakresie pasma za pomocą odbiornika. Obwód anodowy mieszacza musiał być aperiodyczny – zawierać dławik zamiast obwodu rezonansowego dostrojonego do p.cz. Drugą metodą było rozciąganie pasma przez przestrajanie heterodyny konwertera za pomocą dodatkowego kondensatora zmiennego – precyzera. Odbiornik jest dostrojony do stałej częstotliwości pośredniej. Dławik w obwodzie wyjściowym (anodowym) mieszacza można było zastąpić przez obwód rezonansowy. Poprawiało to w pewnym stopniu ogólną selektywność układu. Opisany konwerter był przystosowany do pierwszej z metod, a więc w obwodzie anodowym pentody włączony był dławik. Konwerter był przystosowany do współpracy z odbiornikiem wyposażony w lampy serii sześciowoltowej. Oprócz napięcia żarzenia było z niego pobierane napięcie anodowe 250 V.

Spis elementów:

Cewki wejściowa i oscylatora opisane dalej (2 szt.), dławik w.cz., agregat kondensatorów 470 pF, dwa trymery ceramiczne 5 – 15 pF, kondensator sprzęgający C_s według opisu; oporniki 1 M Ω /0,1 W, 3 k Ω /0,25 W; 50 Ω /0,1 W, 50 k Ω /0,1 W, 50 k Ω /1 W, 20 k Ω /0,5 W i 10 k Ω /0,5 W.

Egzemplarz modelowy był przystosowany do pracy w zakresie 7 – 25 MHz, w którym znajdowały się pasma amatorskie 40, 20 i 15 m oraz radiofoniczne 41, 31, 25, 19, 16 i 13 m.

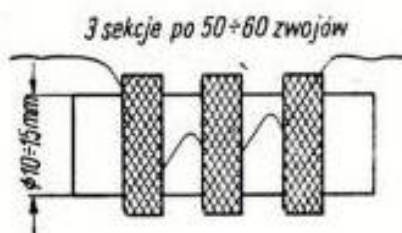


Rys. 2. Schemat ideowy konwertera

Rys. 3.2.7.1

Cewki na korpusie 7 – 8 mm: LA 4 zwoje drutu 0,2 mm w jedwabiu (DNJ); Ls – 8 zwojów drutu w emalii (DNE) 0,6 – 0,8 mm; Lo – 7 zwojów DNE 0,6 – 0,8 mm, odczep na drugim zwoju od strony masy.

Dławik składał się z trzech sekcji po 50 – 60 zwojów DNJ 0,1 mm na korpusie tekturowym lub bakelitowym o średnicy 6 – 12 mm. Podział na sekcje zmniejszał wypadkową pojemność własną dławika ponieważ pojemności własne trzech części uzwojenia były połączone w szereg. Ten sposób wykonania dławików był stosowany w wielu opisanych w tym opracowaniu konstrukcjach.



Rys. 3

Rys. 3.2.7.2. Sposób nawinięcia dławika podzielonego na sekcje

Konwerter powinien być połączony za pomocą możliwie krótkich ekranowanych przewodów z gniazdem antenowym odbiornika, aby nie przenikały do niego sygnały stacji nadających na falach średnich. Odbiorniki wyposażone w anteny ferrytowe odbierały niestety równoległe stacje średniofalowe co powodowało zakłócenia odbioru na falach krótkich.

Kondensator sprzęgający siatki heterodyny i mieszacza Cs naogół nie był potrzebny gdyż sygnał przenikał przez pojemności międzyelektrodowe lampy. W razie potrzeby można było zwiększyć pojemność przez przylutowanie do siatek dwóch skręconych ze sobą oscinków izolowanych przewodów o długości 2 – 3 mm.

Dla wygody można było sporządzić prowizoryczną skalę na osi kondensatora strojeniowego i zaznaczyć punktami położenie poszczególnych pasm amatorskich i radiofonicznych.

3.3. Układy nadajników KF

3.3.1. Krótkofalowy nadajnik bateryjny

Opis opracowanego przez krótkofalowców z Centralnego Klubu Radiowego w Moskwie dwustopniowego nadajnika bateryjnego na pasma 160 i 80 m został opublikowany jako doniesienie z prasy radzieckiej w numerze 8/1954 *Radioamatora*. W generatorze VFO zastosowano w nim lampę SO-241 (lub 2K2M), a w stopniu mocy SO-257. Układ pobierał moc anodową około 6 W, a moc żarzenia 0,8 W. Moc wyjściowa wynosiła około 3 W.

Generator wzbudzający pracował w układzie ze sprzężeniem elektronowym (ECO). Przy pracy w paśmie 160 m jego siatkowy obwód drgań składał się z szeregowo połączonych cewek L1, L2 i kondensatorów C1, C2, C3. Był on przestrajany w granicach 0,85 – 0,9 MHz. Do pracy w paśmie 80 m zwierana była cewka L2 dzięki czemu generator był przestrajany w granicach 1,7 – 1,9 MHz. Dzięki dużej pojemności ogólnej kondensatorów C1, C2 i C3 zmiany pojemności międzyelektrodowych lampy w niewielkim stopniu wpływały na stabilność częstotliwości. Generator pracował w układzie Hartleya z jednym końcem włókna żarzenia podłączonym do odczepu cewki. Drugi koniec włókna musiał być podłączony do zasilania przez dławik w.cz. dł1. Napięcie dla siatki ekranującej było doprowadzone przez oporniki R3 i R4. Kondensator C1 i opornik R1 służyły do uzyskania ujemnego przedpięcia siatki sterującej. Anoda była zasilana przez dławik włączony równolegle do obwodu rezonansowego dostrojonego do drugiej harmonicznej częstotliwości drgań generatora. Dla pasma 160 m – położenie 1 przełącznika P3 – obwód anodowy składał się z szeregowo połączonych cewek L3, L4 i kondensatorów C7, C8, C9 i C10. Był on przestrajany w granicach 1,7 – 1,8 MHz. W paśmie 80 m – położenie 2 przełącznika P3 – L4 i C8 były zwarte do masy i obwód anodowy był przestrajany z granicach 3,4 – 3,6 MHz.

Drugi stopień był wzmacniaczem mocy na lampie SO-257. Jego obwód wyjściowy pokrywał bez przełączania zakres 1,7 – 3,6 MHz. W oryginalnej publikacji używano jeszcze wówczas oznaczenia Mc/s. Do jego strojenia służyły kondensatory C14 i C15. Obwód wyjściowy typu Pi zapewniał dobrą filtrację harmonicznych i był bardzo często stosowany w lampowych wzmacniaczach mocy. Oprócz tego umożliwiał łatwe dopasowanie anteny. Rolę wskaźnika dostrojenia anteny odgrywała żaróweczka 2,5 V, 0,06 A lub 1 V, 0,075 A włączona szeregowo w obwód antenowy.

Manipulacja telegraficzna odbywała się w obwodzie siatki ekranującej lampy V2. W celu podwyższenia mocy wyjściowej do siatki hamującej (przeciwnymisyjnej) było doprowadzone napięcie dodatnie około 40 V z dzielnika R7, R9. Częstotliwość nadajnika mogła być stabilizowana kwarcowo. Należało stosować kwarcy o częstotliwościach leżących w granicach pasm 160 i 80 m.

Cewki L1 i L2 były nawinięte zwój przy zwoju przewodem DNE 0,5 mm na karkasie o średnicy 20 mm, najlepiej ceramicznym. L1 składała się z 23 zwojów z odczepem na 7 zwoju od dołu, L2 miała 50 zwojów z odczepem na 15 zwoju. Cewki były ekranowane za pomocą kubków aluminiowych. L3 i L4 były nawinięte na karkasie o średnicy 12 mm. L3 miała 25 zwojów, a L4 – 40 zwojów licy 5 x 0,07 mm lub przewodu DNE 0,5 mm w izolacji bawełnianej. Do dokładnego dostrojenia cewek służyły rdzenie magnetytowe⁴. Cewka L5 składała się z 70 zwojów przewodu DNE 0,8 mm nawiniętych zwój przy zwoju na karkasie o średnicy 30 mm.

Dławik dł1 składał się z dwóch sekcji o wewnętrznej średnicy 12 mm i szerokości 5 mm. Każda z nich była nawinięta przewodem DNE03 w izolacji bawełnianej między dwoma pierścieniami z preszpanu i składała się z 35 zwojów. Dławiki dł2 i dł3 składały się z trzech sekcji po 100 zwojów każda, nawiniętych na karkasach o średnicy 12 mm. Podział uzwojeń dławików na sekcje zmniejszał ich wypadkową pojemność gdyż pojemności własne sekcji były połączone szeregowo.

Oporniki redukcyjne R2 i R6 były konieczne tylko w przypadku zasilania nadajnika z dwóch ogniw akumulatora zasadowego (2,5 V). Przy zasilaniu z akumulatora kwasowego (2 V) były one zbędne. R2

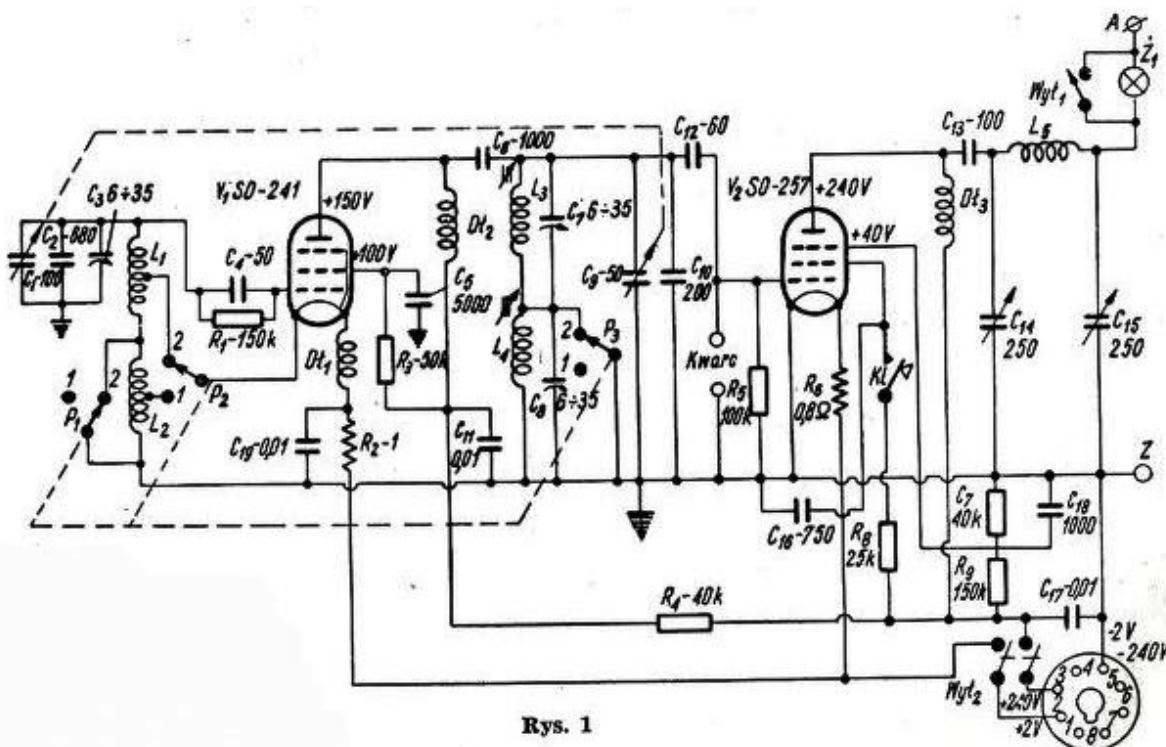
⁴ Magnetyt – krystaliczny minerał o składzie $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$ lub w skrócie Fe_3O_4 . Jest to więc tlenek żelaza, którego nazwę nadał w 1845 r. austriacki geolog Wilhelm Haidinger. Magnetyt jest jedną z najbardziej wydajnych rud żelaza.

był wykonany z drutu nikieliny o średnicy 0,2 mm i długości 8 cm. Jako karkasy służyły stare oporniki 0,25 W. Końce drutu były przylutowane do wyprowadzeń tych oporników.

Kondensatory strojeniowe C1 i C9 musiały być umieszczone na wspólnej ośce. Mógł to być agregat kondensatorów zmiennych o pojemności początkowej 17 pF i maksymalnej 500 pF. Kondensatory C14 i C15 mogły być dowolnego typu o pojemności maksymalnej 250 – 500 pF.

Pobór prądu anodowego przy zestrojeniu do rezonansu wynosił 25 – 27 mA.

Dla zwiększenia mocy wyjściowej należało podwyższyć napięcie anodowe do 300 V i w generatorze wymienić lampę na SO-257, a w stopniu mocy na 2P9. Oporności R3 należało zmniejszyć do 40 k Ω , R8 do 18 k Ω , R6 do 0,22 Ω , a R5 do 6 k Ω . R7, R9 i C18 były zbędne ponieważ 2P9 była tetrodą. Pobór prądu anodowego wzrastał do 30 mA, a żarzeniowego do 0,725 A.



Rys. 1

Rys. 3.3.1.1. Schemat ideowy nadajnika bateryjnego

3.3.2. Amatorski nadajnik średniej mocy SP5FM

Konstrukcja nadajnika Wojciecha Nietykszy SP5FM została opublikowana w numerze 4/1955 *Radioamatora*. Zasadniczo był to nadajnik telegraficzny przeznaczony do szkolenia operatorów, ale do pracy fonicznej dobudowano do niego modulator siatkowy.

Trzystopniowy nadajnik składał się z generatora sterującego VFO, powielacza częstotliwości i końcowego wzmacniacza mocy. Dodatkowo zawierał on wbudowany modulator siatkowy i zasilacz (napięcia anodowego dla stopnia mocy dostarczał osobny zasilacz). W zależności od napięcia zasilania tego stopnia moc wyjściowa wynosiła 100 – 300 W. Konstruktor położył nacisk na prostotę układu, łatwość strojenia i odporność na chwilowe przeciążenia.

VFO pracowało w układzie sprzężonym elektronowo na pentodzie wizyjnej 6AG7 (6P9) – V2. Przy typach lamp w nawiasach podano oznaczenia rosyjskie, ale z użyciem liter alfabetu łacińskiego. Dla wyeliminowania tłumiącego wpływu prądu siatki na dobroć obwodu rezonansowego między nim i siatką lampy umieszczono wtórnik katodowy na lampie żołądziowej 955 (6S1Ż) – V1.

Obwód drgań VFO tworzyła cewka L1 wraz z kondensatorami C1, C2, C3, C4, C5 (kondensator strojeniowy). C4 służył do dostrojenia do pasma, a pozostałe do uzyskania stosunku przestrajania $C_{maks} : C_{min}$ w jego granicach i do kompensacji cieplnej. VFO pokrywało zakres częstotliwości 3495 – 3805 kHz. Napięcie sprzężenia zwrotnego z katody lampy generatora było doprowadzone do obwodu za pośrednictwem cewki L9.

Z dławika w anodzie lampy 6AG7 napięcie w.cz. było doprowadzone do obwodu siatkowego następnego stopnia przez kondensator sprzęgający C9. W zależności od pasma pracy był on dostrojony do częstotliwości podstawowej lub drugiej harmonicznej. Do harmonicznej dostrojony był obwód L3, C13, a dla podstawowej dołączany był przełącznikiem C11. W stopniu pośrednim pracowała lampa RL12P35 (V3). Pracowała ona jako wzmacniacz separujący (BA), podwajacz (FD) lub potrajacz (FT) częstotliwości. Lampa RL12P35 była wykorzystywana tylko w 20 – 50%, ale zwiększało to niezawodność pracy nadajnika. Można było ją zastąpić przez pentodę lub tetrodę głośnikową np. typów EL12, 6L6 itp.

Dla symetrii rozmieszczenia gałek i przełączników na płycie frontowej obwody siatkowy i anodowy stopnia pośredniego były umieszczone po obu stronach pudełka VFO, a lampa RL12P35 – poziomo pod chassis.

Anoda lampy V2 była połączona z obwodem rezonansowym za pomocą układu D12, C16. Sam obwód rezonansowy składał się z kondensatora zmiennego C18 i wybieranej przełącznikiem indukcyjności. Przez kondensator C19 napięcie w.cz. zostało przyłożone do siatki lampy stopnia mocy.

Pracowała w nim pentoda typu 803 o bezpośrednio żarzonej (10 V/5 A) wolframowej katodzie torowanej. Grafitowana anoda wytrzymywała moc strat 125 W.

W anodzie lampy 803 znajdował się obwód rezonansowy podobny do poprzedniego, ale większy i zasilany szeregowo. Do sprzężenia z zewnętrznym obwodem antenowym, służącym do dopasowania anteny i filtracji harmonicznych, niskoomowe pętle (ang. *link*) i kabel koncentryczny.

Nadajnik był kluczowany w katodzie RL12P35. Do pracy duplexowej klucz można było włączyć w obwód zasilania ekranu 6AG7.

Do pracy fonicznej przewidziana była modulacja w trzeciej siatce stopnia mocy. Trzystopniowy modulator sterowany mikrofonem dynamicznym lub krystalicznym (piezoelektrycznym) pracował na pentodzie 6SH7 (6Ż7) oraz podwójnej triodzie 6SN7 (6N8) i przez transformator T3 modulował trzecią siatkę lampy 803. Dla poprawienia charakterystyki modulacji wtórne uzwojenie transformatora było obciążone opornikiem R27 (przez 9/10 okresu siatka trzecia była modulowana statycznie nie pobierając mocy). Aby nie przekroczyć dopuszczalnej mocy strat w ekranie w chwili załączenia ujemnego napięcia na *supresor* napięcie ekranu było automatycznie obniżane do 300 V wskutek zwiększenia spadku napięcia na oporniku szeregowym R12 wywołanego przepływem zwiększonego prądu ekranu.

Przewód siatki trzeciej lampy 803 był przełączany przełącznikiem z dzielnika napięcia dodatniego 45 V (dla telegrafii) na wtórne uzwojenie transformatora modulacyjnego T3, przez które doprowadzone było ujemne przedpięcie -90 V.

Nadajnik posiadał dwa zasilacze. Pierwszy z nich na transformatorze T1 i lampach 6X5GT oraz VR90/30 dostarczał napięcia żarzenia i stabilizowanego napięcia ujemnego 90 V dla siatek. Drugi z transformatorem T2 oraz lampami AZ7 i VR150/30 dostarczał napięcia +375 V i stabilizowanego +150 V dla anod i ekranów dwóch pierwszych stopni. Anoda lampy stopnia mocy otrzymywała napięcie 1600 V (200 mA) z osobnego zasilacza na czterech lampach RG62. Po wymianie lamp w stopniu końcowym i ewentualnie także w stopniu pośrednim (sterującym) można było nadajnik dostosować do innych kategorii mocy od około 20 W przy telegrafii dla lampy 802 do 110 W dla lampy 804 (dla fonii AM było to odpowiednio od około 6 do 28 W). Dla lampy LS50 było to 85 W dla telegrafii i 21 W dla fonii.

Elementy:

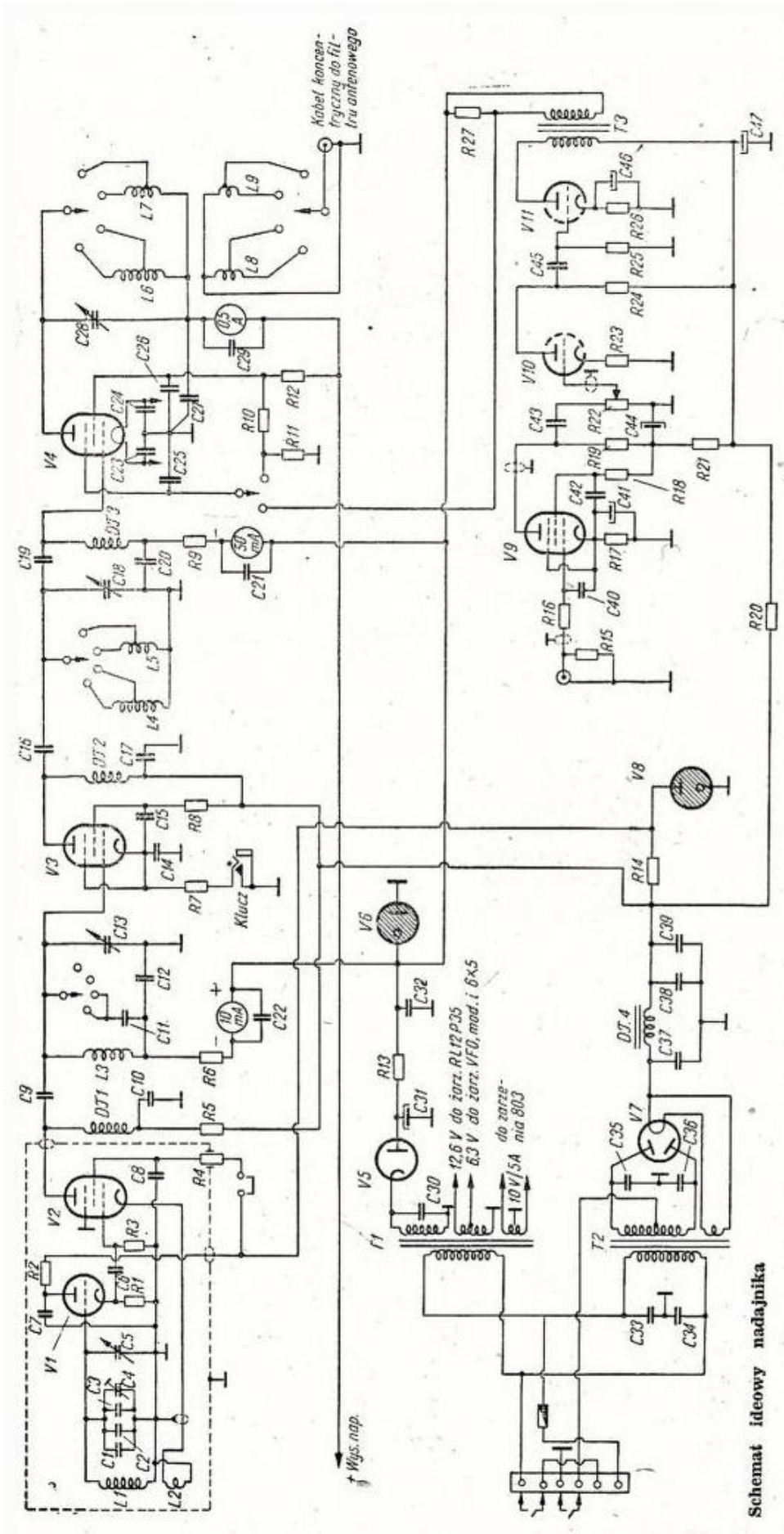
C1 – 50 pF z małym dodatnim współczynnikiem cieplnym, C2 – 40 pF z dużym ujemnym współczynnikiem cieplnym, C3 – 20 pF z małym ujemnym współczynnikiem cieplnym, C4 – trymer 15 – 30 pF z zerowym współczynnikiem cieplnym, C5 – 12- pF, strojeniowy powietrzny;

C6, C9, C16 – 200 pF mika;

C7, C8, C10, C12, C15, C17, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C29, C30, C33, C34, C35, C36, C43, C45 – 5 – 10 nF, mika; C11, C19 – 330 pF mika; C13, C18 – 120 pF, powietrzny;

C14 – 20 nF mika; C25 – 3 nF mika; C27 – 10 nF.3,6 kV mika; C28 – 100 pF, powietrzny zmienny, odstęp płytek 5 mm;

C31, C32 – 16 µF/350 V; C37, C38, C39 – 3 x 20 µF/600 V; C40 – 40 pF mika; C41 – 40 µF/10 V; C42 – 0,1 µF/500 V; C44 – 4 – 50 µF/400 V; C46 – 10 µF/50 V; C47 – 32 µF/450 V.



Na poprzedniej stronie: Rys. 3.3.2.1. Schemat odeowy nadajnika średniej mocy

Dł1, Dł2, Dł3 – 2,5 mH/100 mA, Dł4 – 20 H/125 mA.

L1 – 22 zwoje drutu \varnothing 0,5 mm w jedwabiu (DNJ) na karkasie ceramicznym \varnothing 20 mm; zwoje sklejone klejem trolitulowym;

L2 – 6 zwojów drutu \varnothing 0,5 mm w jedwabiu (DNJ), zwój przy zwoju w odstępnie 2 mm od zimnego końca L1, kierunek zgodny;

L3 – 15 zwojów drutu \varnothing 0,5 mm w emalii (DNE), na karkasie trolitulowym \varnothing 20 mm;

L4 – karkas ceramiczny \varnothing 28 mm, odczep na 12 zwoju od uziemionego końca, drut \varnothing 0,5 mm w bawełnie; na pasmo 80 m dodatkowo 20 zwojów drutu \varnothing 0,4 mm w emalii (DNE), zwój przy zwoju,;

L5 – 20 m: 7 zwojów drutu srebrzonego (CuAg) \varnothing 0,8 mm na karkasie \varnothing 20 mm; na pasmo 15 m (21 MHz): odczep na 4 zwoju od uziemionego końca;

L7 – 20 m: 6 zwojów drutu \varnothing 3,5 mm, powietrznie, odstęp między zwojami 5 mm, \varnothing cewki 45 mm; na 15 m odczep na 4 zwoju od strony uziemionego końca;

L8 – 7 zwojów z drutu \varnothing 1,2 mm w igielicie (izolowany dodatkowo koszulką nylonową obok L6 od strony uziemionego końca); odczep na 3 zwoju;

L9 – 3 zwoje z drutu jak L8, nawinięte na ostatnim zwoju L7, odczep na 1,5 zwoja;

R1, R2, R24 – 3,3 k Ω /0,5 W; R3, R8 – 47 k Ω /1 W; R4 – 6,8 k Ω /0,5 W; R5 – 3,3 k Ω /2 W; R6 – 10 k Ω /1 W; R7 – 100 Ω /1 W; R9, R20 – 2 k Ω /2 W; R10 – 120 k Ω /2 W; R11 – 80 k Ω /2 W; R13 – 10 k Ω /6 W drutowy; R14 – 6 k Ω /10 W; R15 – 1,3 M Ω /0,25 W; R16 – 0,2 M Ω /0,25 W; R17 – 1 k Ω /0,5 W; R18 – 0,7 M Ω /0,25 W; R19 – 250 k Ω /0,5 W; R21 – 20 k Ω /0,5 W; R22 – 1 M Ω potencjometr (zwany wówczas też potencjomerem); R24 – 100 k Ω /0,5 W; R25 – 800 k Ω /0,25 W; R27 – 5 k Ω /1 W;

T1 – I: 220 V, II: 10 V/5A12; 6 V1 A 6,3 V/3,5 A A: 250 V/50 mA;

T2 – I: 220 V, II: 4 V/2 A; 2 x 400 V/0,2 A;

T3 – 1:1 międzylampowy;

V1 – 955, 9002, 6C4 lub RL12T1, LD1 (12,6 V!);

V2 – 6AG7 (6P9), ew. LV1 (12,6 V!);

V3 – RL12P35, 1625. LV30, ew. 807 (6,3 V!)

V4 – 803;

V5 – 6X56GT, EZ11, EZ12, ew. RG12D-60, LG6 (12,6 V!)

V6 – VR90/30 przy 803, dla innych lamp w stopniu końcowym zależnie od potrzebnego napięcia;

V7 – AZ4, AZ12, AZ50 itp.;

V8 – VR150/30, GR150, lub STV 280/40 z odczepu na 140 V;

V9 – 6SH7 (6Ż3);

V10 – 6SN7 (6N8) lub 2 x 6J5 itp.

W zmodyfikowanym układzie nadajnika opisanym w numerze 7/1955 *Radioamatora* przez SP5FM między generatorem a stopniem sterującym RL12P35 wprowadzono dodatkowy stopień powielający na lampie 6AG7 (6P9). Dostarczał on w zależności od potrzeb drugiej, trzeciej lub czwartej harmonicznej. Dzięki temu, że stopień sterujący pracuje jako wzmacniacz, a nie jako powielacz jego sygnał wyjściowy nie zawierał składowych o niższych częstotliwościach, co poprawiało czystość sygnału wyjściowego nadajnika. Reszta układu pozostała niezmienną.

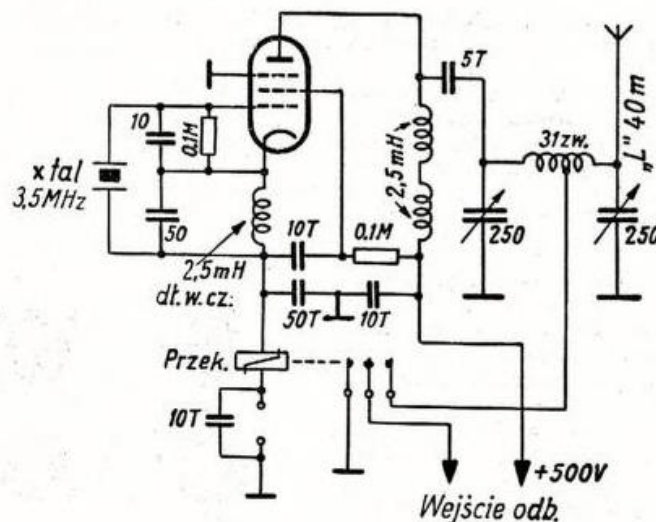
Aby ze wzrostem rzędu harmonicznej nie malało wysterowanie stopnia końcowego kąta odcięcia w powielaczu i dobroć obwodu anodowego były dobrane dla czwartej harmonicznej. Harmoniczne niższych rzędów otrzymywano na obwodzie o mniejszej dobroci i z mniejszą sprawnością co kompensowało ich teoretycznie wyższe amplitudy. Dodatkową zaletą była też możliwość stosowania jednej cewki dla kilku pasm. Jedynie dla pasma 21 MHz częstotliwość musiała być podwajana w stopniu na RL12P35, ale nadajnik był przewidziany głównie dla pasm 80, 40 i 20 m.

Konstruktor zrezygnował też z zasilacza napięć ujemnych i wszystkie napięcia siatek sterujących były otrzymywane z oporników upływowch. Zmodyfikowany modulator pracował na dwóch podwójnych triodach w układzie przeciwsobnym (ang. *push-pull*).

Na następnej stronie: Rys. 3.3.2.2. Zmodyfikowany nadajnik czterostopniowy.

3.3.3. Nadajnik QRP SP5FM

Nadajnik QRP opisany w numerze 5/1955 *Radioamatora* przez Wojciecha Nietykszę SP5FM składał się z jednego stopnia generatora pracującego w klasie C na lampie 6SK7 i sterowanego kwarcem 3,5 MHz. Przy prądzie anodowym 12 mA moc doprowadzona do anody wynosiła 6 W. Przy dobrym dopasowaniu anteny uzyskano sprawność 78%. Moc tracona była więc niższa od dopuszczalnej. Anoda była zasilana przez dwa dławiki po 2,5 H. Nadajnik był kluczowany w katodzie, a uzwojenie przekazywnika przełączającego na nadawanie i odbiór (wejścia odbiornika) służył jako gałąź indukcyjna filtra zaokrąglającego kształt znaków telegraficznych.



Rys. 3.3.3.1. Schemat ideowy

Nadajnik był przewidziany do pracy w zawodach QRP i spełniał wymogi ich ówczesnego regulaminu określającego jedynie moc admisyjną lampy.

3.3.4. Siedemdziesięciowatowy nadajnik SP3PJ

Pięciostopniowy pięciopasmowy nadajnik o mocy wyjściowej 70 W konstrukcji Alfreda Jankowskiego SP3PJ został zaprezentowany w numerach 2 i 3/1958 *Radioamatora*. Mógł on też służyć jako wzбудnica do sterowania stopnia wyjściowego większej mocy z tetrodami lub pentodami typu 813, 803 lub triodami typu 100 TH. W paśmie 10 m moc wyjściowa była niższa niż na pozostałych pasmach ponieważ stopień końcowy pracował jako podwajacz częstotliwości.

VFO pracowało w zakresie 3500 – 3700 kHz, aby wyższe pasma nie były zbyt ścięśnione na skali. Pasma 40 i 20 są pokryte w całości lub z pewną rezerwą, pasmo 15 m w granicach 21 – 21,350 MHz, a pasmo 10 m w zakresie 28 – 29 MHz. W zależności od dokładności kompensacji termicznej możliwe było osiągnięcie dryfu częstotliwości 600 Hz po trzygodzinnej pracy i ograniczeniu zmian temperatury do 5°. Generator VFO w układzie Clappa-Franklina pracował na lampie ECC81, a separator – na lampie EF80. Jego napięcie anodowe było stabilizowane za pomocą stabilizatora jarzeniowego OA2. Kluczowanie oscylatora odbywało się przez zwieranie ujemnego napięcia w obwodzie siatki drugiej triody lampy V1.

Powielacze częstotliwości V4 i V5 na lampach 6AQ5, EL90 lub 6L31 pracowały w zależności od pasma jako powielacze lub wzmacniacze:

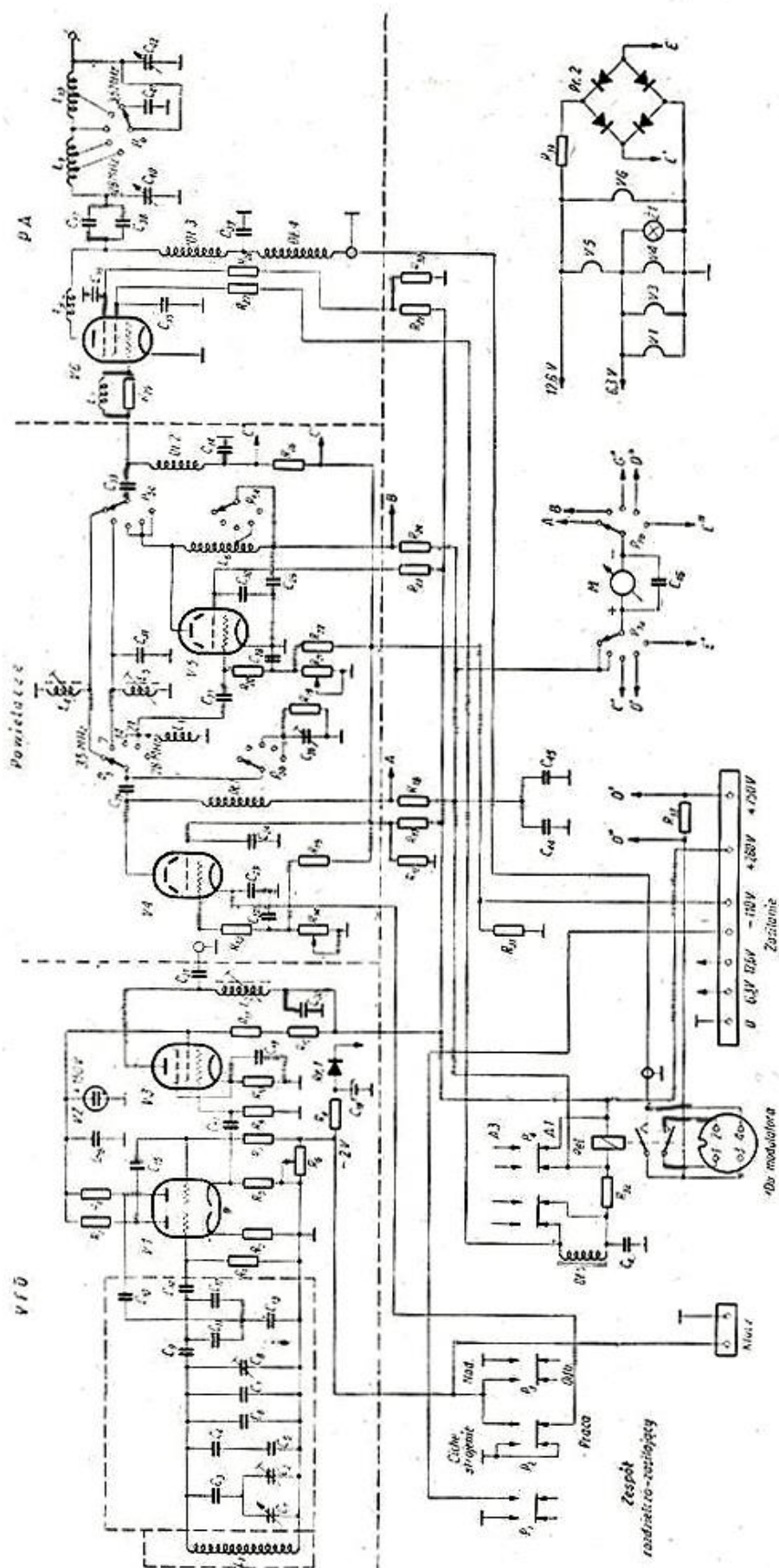
3,5 MHz – V4 wzmacniacz 3,5 MHz, V5 nieczynna;

7 MHz – V4 podwajacz na 7 MHz, V5 nieczynna;

14 MHz – V4 podwajacz na 7 MHz, V5 podwajacz na 14 MHz;

21 MHz – V3 potrajacz na 10,5 MHz, V5 podwajacz na 21 MHz;

28 MHz – V4 podwajacz na 14 MHz, V5 podwajacz na 28 MHz.



Rys. 1. Schemat nadajnika

Poprzednia strona: Rys 3.3.4.1 Schemat ideowy nadajnika

Zakresy były przełączane za pomocą przebudowanego na 5 pozycji przełącznika od odbiornika „Mazur”. Stopień końcowy pracował na lampie RL12P35. Napięcie siatki pierwszej wynosiło -110 V, a dla zwiększenia sprawności napięcie siatki trzeciej + 20 V. W obwodach siatki i anody znajdowały się dławiki zapobiegające wzbudzeniu się stopnia ma falach ultrakrótkich. Obwód wyjściowy typu Pi umożliwiał dopasowanie anten w szerokim zakresie impedancji, a jednocześnie zapewniał odfiltrowanie harmonicznym.

Przełącznik P1 służył do zdalnego włączania lub wyłączania napięć anodowych, a P2 umożliwiał ciche strojenie na pożądaną częstotliwość. Zwieranie gniazdka klucza VFO odłączało od masy katodę lampy V4 aby sygnał z VFO nie mógł się przedostać do dalszych stopni. Przełącznik P3 służył do zwierania klucza, a więc przy pracy fonią pełnił rolę przełącznika nadawanie-odbior. P4 przełączał na telegrafię lub fonię. Przy pracy telegraficznej przekaźnik *Rel* zwieriał uzwojenie transformatora modulacyjnego. Przy pracy fonią było ono rozwarte.

Zasilacz był podłączany do nadajnika za pomocą 7-żyłowego kabla zakończonego wtyczką z cokołu lampowego oktal.

Moc modulatora anodowego do modulacji pełnej mocy w.cz. powinna wynosić 35 – 40 W. Wystarczyły dwie lampy 6L6 w klasie AB2. Stopień końcowy nadajnika można było też modulować w którejś z siatek. Najprostszym wariantem była modulacja w siatce trzeciej. Modulacja w siatce pierwszej wymagałaby ograniczenia mocy wyjściowej.

3.3.5. Nadajnik SP5WW

Opis nadajnika konstrukcji Jerzego Węglewskiego SP5WW został opublikowany w numerze 1/1963 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego (RiK)*. Nadajnik pokrywał pasma 3,5 – 28 MHz emisjami A1 lub A3 (z modulacją anodowo-ekranową), a moc dostarczona do anody stopnia końcowego wynosiła 60 – 100 W.

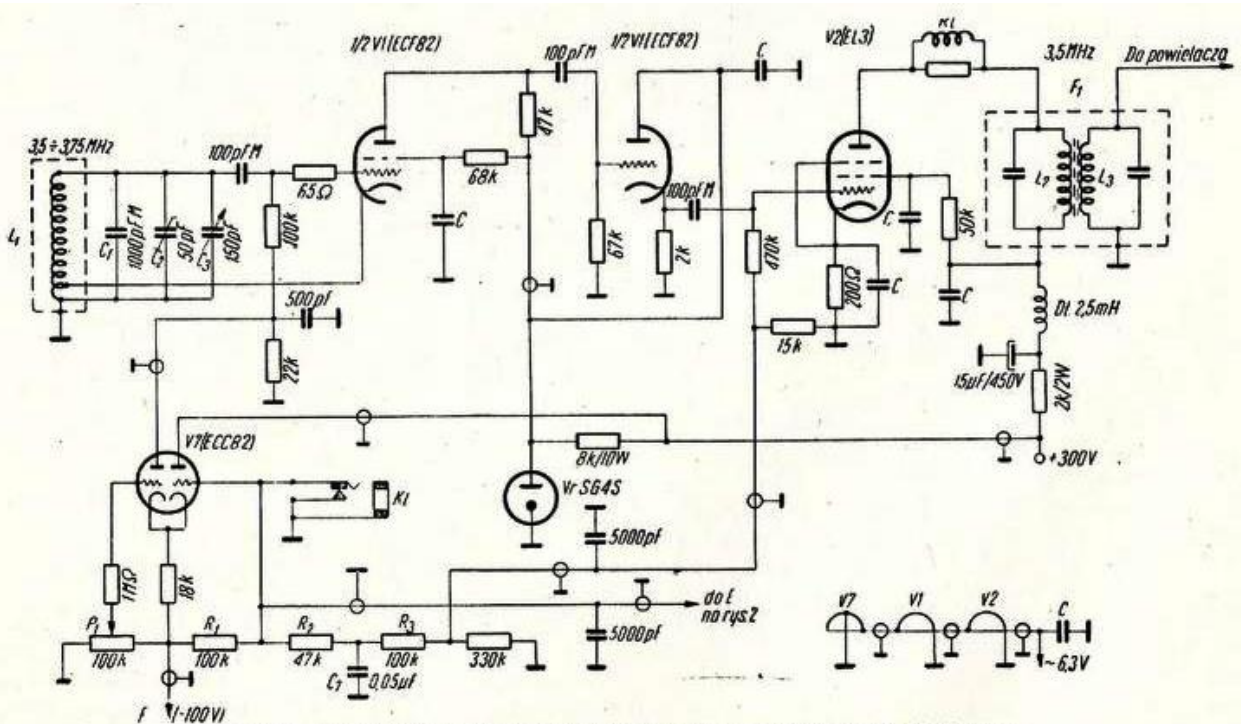
Układ składał się z następujących modułów: wzbudnicy, powielaczy ze stopniem sterującym, wzmacniacza mocy i układu kluczkowania.

Wzbudnica składała się z VFO pracującego w zakresie 3,5 – 3,75 MHz na części pentodowej lampy ECF82 (V1) w układzie ECO będącym odmianą układu Hartleya, wtórnika katodowego na części triodowej V1 separującego VFO od reszty układu i wzmacniacza w klasie A na lampie V2 EL83.

W paśmie 3,5 MHz sygnał był doprowadzony do stopnia sterującego V5 EL83 z pominięciem powielaczy. Przy pracy na wyższych pasmach był on doprowadzony do pierwszej połówki lampy V3 ECC82. Nadajnik zawierał 3 stopnie powielaczy pracujących na podwójnych triodach ECC82 (V3 i V4). Jedna połówka V3 nie była wykorzystywana. Powielacze są sprzężone ze sobą za pomocą filtrów pasmowych. V3 podwajała częstotliwość z pasma 3,5 MHz na 7 MHz, pierwsza trioda V4 podwajała z pasma 7 MHz na 14 MHz, a druga potrajała z 7 na 21 MHz. Odpowiednie połączenia były dokonywane za pomocą przełączników. Wszystkie stopnie powielaczy pracowały w klasie C. Ujemne napięcia siatek były otrzymywane na opornikach upływowych 22 k Ω . W obwodach katod były włączone oporniki 2,2 k Ω zabezpieczające lampy przed uszkodzeniem w przypadku braku wysterowania (np. przerwach między elementami znaków telegraficznych i samymi znakami). Sygnał wyjściowy z powielaczy lub wzbudnicy był doprowadzony do stopnia sterującego. V5 – EL83. W jego obwodzie anodowym znajdował się zespół cewek przełączanych dla pasm 3,5 – 21 MHz.

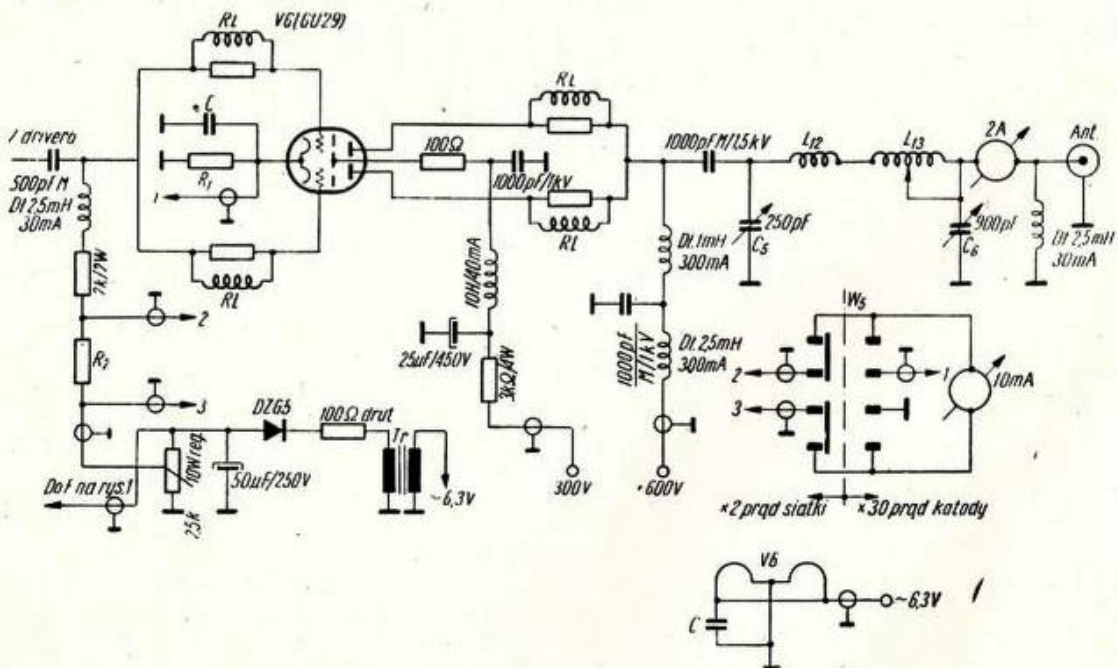
Stopień końcowy pracował w klasycznym układzie wzmacniacza klasy C zasilanego napięciem anodowym 600 V przez dwa dławiki. Obwód wyjściowy był filtrem Pi.. Wzmacniacz pracował jako podwójny w paśmie 28 MHz. Jako lampa V6 pracowała początkowo G807 a potem pentoda strumieniowa GU29 w równoległym połączeniu obydwu systemów. Napięcie anodowe było w obu przypadkach identyczne, napięcie siatki ekranującej w pierwszym przypadku 275, a w drugim 290 V, napięcie siatki sterującej odpowiednio -90 i -65 V, a prądy siatki odpowiednio 4 i 12 mA. Przy mocach sterujących odpowiednio 0,4 i 0,9 W uzyskiwano na wyjściu 42 W dla pierwszej lub 75 W dla drugiej z lamp.

Do strojenia VFO wykorzystano skalę z przekładnią z radiostacji RBM-1 przeskalowaną co najmniej dla częstotliwości 3,5, 3,55, 3,6 i 3,75 MHz.



Rys. 1. Schemat ideowy wzбудnicy oraz urządzenia do kluczowania różnicowego

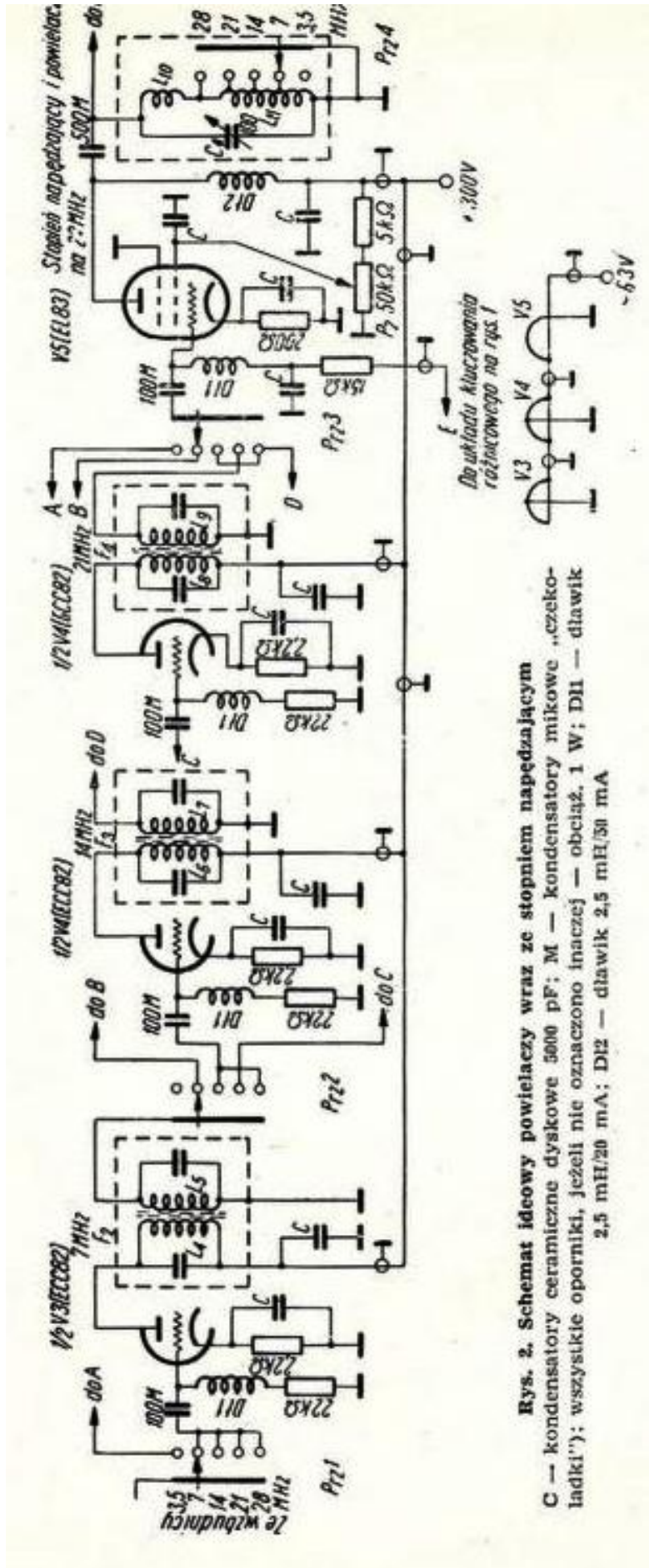
Rys. 3.3.5.1. Moduł wzbudnicy



Rys. 3. Schemat ideowy stopnia mocy (PA) wraz z prostownikiem ujemnego napięcia i układem pomiarowym C — kondensatory ceram. dysk. 5000 pF; boczniki R₁ i R₂ dostosować do posiadanego miernika; W₁ — przełącznik „błyskawiczny” 2 × 4; D1 — 160 zwojów Cu, Ø 0,3 mm, emalia-jedwab, na korpusie ceram. Ø 20 mm; RL — 6 zwojów Cu, Ø 0,6 mm na oporniku 65 Ω/1 W

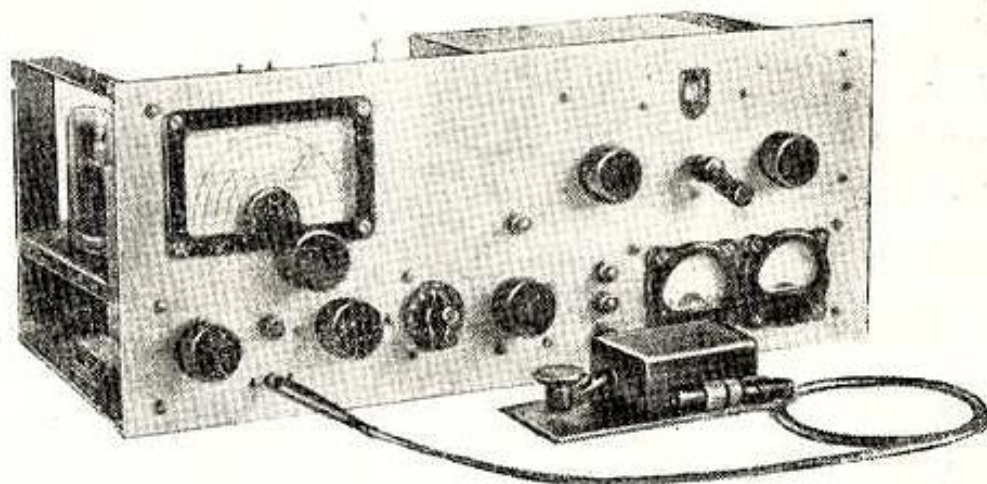
Rys. 3.3.5.3. Stopień końcowy

Układ kluczowania zapewniał czystość sygnału dzięki różnicy czasów zadziałania VFO, bufora V2 i stopnia sterującego V5 spowodowane różnymi stałymi czasu obwodów siatkowych. Było to tzw. kluczowanie różnicowe.



Rys. 2. Schemat ideowy powielaczy wraz ze stopniem napędzającym
 C — kondensatory ceramiczne dyskowe 5000 pF; M — kondensatory mikrowe „czekoladki”; wszystkie oporniki, jeżeli nie oznaczono inaczej — obciąż. 1 W; D11 — dławik 2,5 mH/20 mA; D12 — dławik 2,5 mH/30 mA

Rys. 3.3.5.2. Powielacze

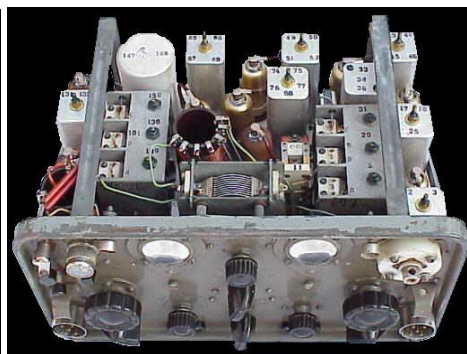


Widok nadajnika z przodu

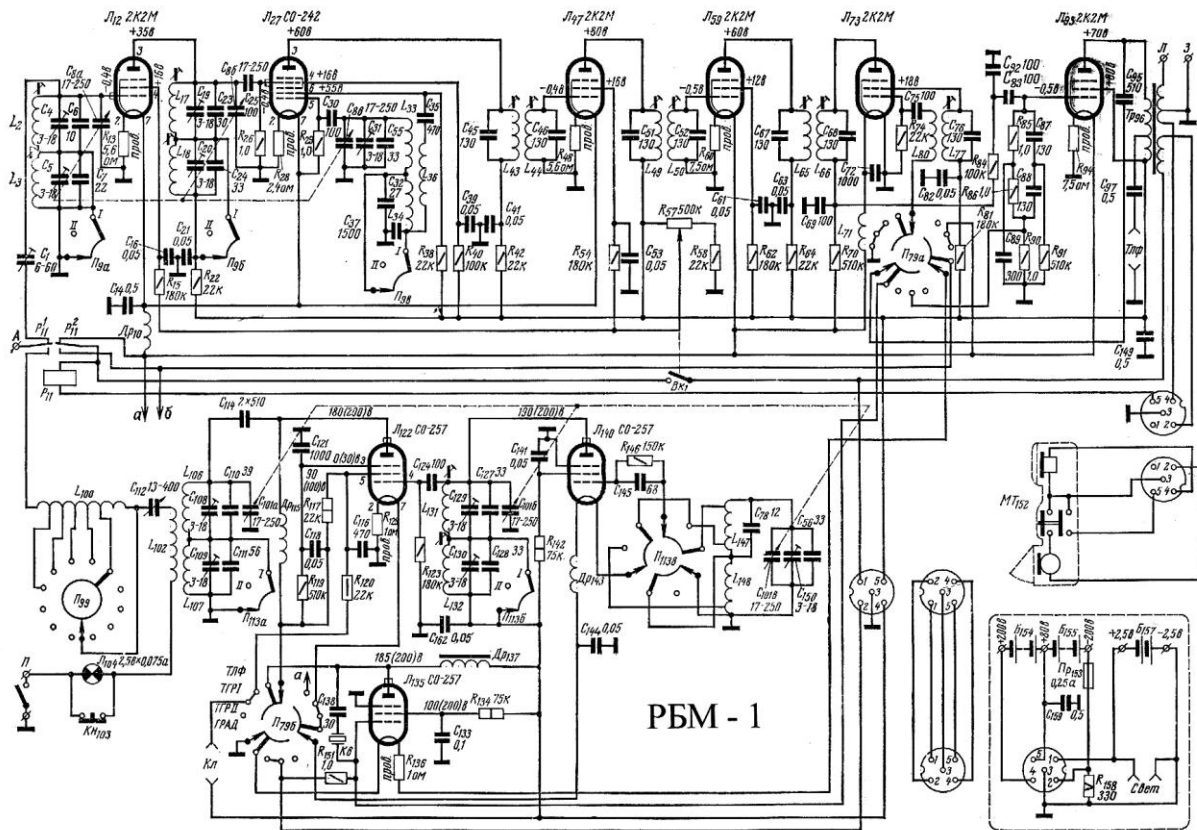
Fot. 3.3.5.4

3.3.6. Radiostacja RBM-1

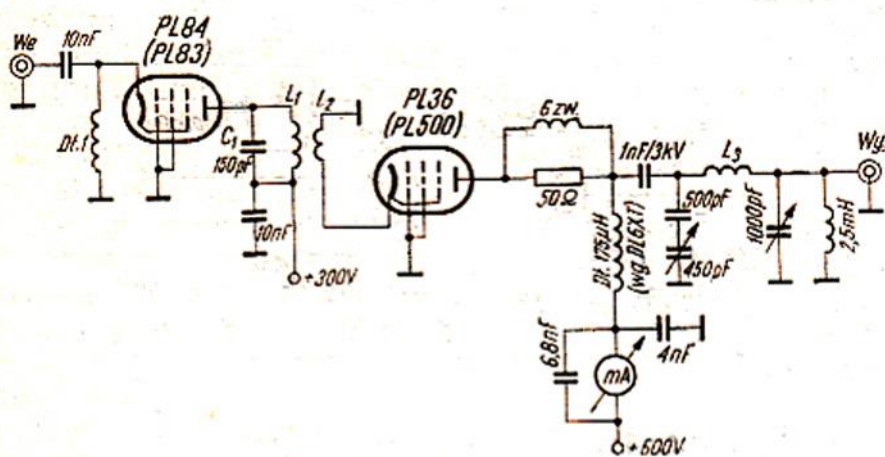
Wojskowa radiostacja RBM-1 produkowana w czasie II wojny światowej od 1942 roku była również po wojnie stosowana w większości armii państw Układu Warszawskiego. Egzemplarze wycofane z użytku wojskowego były często stosowane przez krótkofalowców do pierwszych łączności. Pokrywała ona zakres 1,75 – 5 MHz, którym wówczas leżało pasmo 3,5 MHz. Moc wyjściowa dla fonii AM i telegrafii wynosiła 1 W. Odbiornik miał czułość 10 μ V na fonii i 5 μ V na telegrafii. Mogła być zasilana z akumulatora niklowo-kadmowego NKN-22 o napięciu 2,4 V oraz z suchych baterii anodowych BAS 200/80 V albo z przetwornicy wibratorowej WPR-6. W warunkach amatorskich mogła być zasilana z sieci. Komplet baterii pozwalał na 24 – 36 godzin pracy.

Fot. 3.3.6.1 (źródło: www.qsl.net)Fot. 3.3.6.2 (źródło: www.qsl.net)

Pobór prądu żarzenia wynosił 0,5 A, a prądu anodowego 10 mA przy odbiorze, a przy nadawaniu odpowiednio 1 A i 35 mA. Oprócz niej istniała również wersja RBM-5 o 5 W mocy wyjściowej. Odbiornik pracował w układzie superheterodyny z pojedynczą przemianą częstotliwości na 460 kHz. Zapewniał on zasięgi do 10 km na fonii i 15 km na telegrafii przy użyciu wojskowej anteny prętowej. Z dobrą anteną krótkofalarską były one znacznie wyższe – kilkaset km. Radiostacja miała wymiary 320 x 200 x 270 mm i masę 13,5 kg.



Rys. 3.3.6.3. Schemat ideowy (źródło: www.qsl.net)



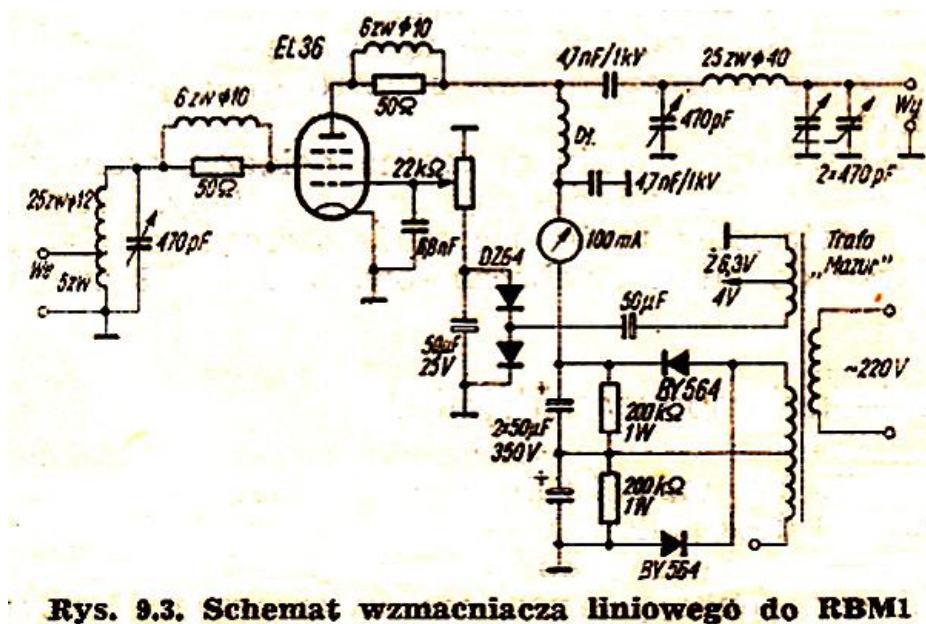
Rys. 11.8. Schemat wzmacniacza liniowego do radiostacji RBM

Rys. 3.3.6.4. Liniowy wzmacniacz do radiostacji RBM

Układ wzmacniacza liniowego do radiostacji RMB-1 lub do wzbudnicy SSB o mocy wyjściowej 0,5 – 1 W został opublikowany przez SP5-9063 w *Biuletynie PZK* 8/1972, a następnie w *Informatorze Krótkofalowca* z 1974 roku.

We wzmacniaczu użyto łatwo wówczas dostępnych lamp telewizyjnych pracujących w układzie ze wspólną siatką.

Cewka L1 dla pasma 3,5 MHz jest w rezonansie z kondensatorem 150 pF (wykorzystano przypadkowo posiadaną cewkę), L2 – około 1/4 liczby zwojów L1 nawinięta na niej, L3 – 35 zwojów na korpusie o średnicy 50 mm i długości 100 mm. Dławik Dł1 był cewką od filtru p.c. 465 kHz



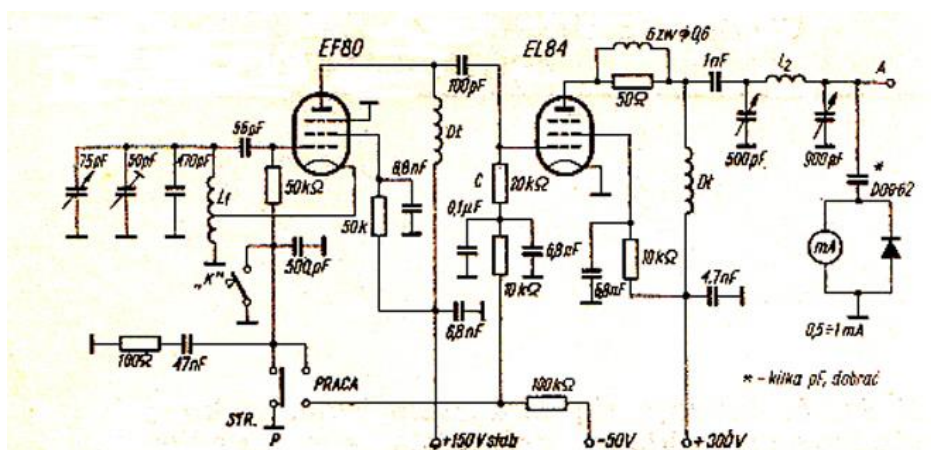
Rys. 9.3. Schemat wzmacniacza liniowego do RBM1

Rys. 3.3.6.5. Schemat wzmacniacza o wspólnej katodzie

Kolejny schemat wzmacniacza modo do RBM-ki pochodzi z *Biuletynu PZK 7/1973* i *Informatora Krótkofalowca 1975*. Konstrukctorem był SP6GB. Wzmacniacz był sterowany bezpośrednio z gniazdka antenowego radiostacji mocą około 2 W. Mógł być też być sterowany z innych źródeł o podobnej mocy. Moc doprowadzona do lampy wynosiła około 40 W (500 V, 80 mA). Przy mniejszej mocy (25 – 30 W) wystarczyła lampa EL81.

Lampa była sterowana w drugiej siatce, a siatka pierwsza była polaryzowana napięciem stałym -6 – -7 V. W zasilaczu wykorzystano transformator od odbiornika *Mazur*. Ujemne napięcie uzyskiwano przez podwojenie połączonych szeregowo napięć żarzenia 6,3 V i 4 V.

3.3.7. Prosty nadajnik 15 W na pasmo 7 MHz



Rys. 9.1. Schemat prostego nadajnika na pasmo 7 MHz

L_1 — 9 zwojów ϕ 0,45 mm, korpus ϕ 15 mm z odbiornika „Pionier”, odczep 3 zwoje; L_2 — 14 zwojów ϕ 1 mm, korpus ϕ 25 mm, D_1 — cewka p.c.z. z odbiornika „Pionier” bez rdzenia

Rys. 3.3.7.1. Schemat ideowy nadajnika

Nadajnik opisany w *Informatorze Krótkofalowca* z 1975 roku został po raz pierwszy opublikowany w *Biuletynie PZK 12/1972* przez SP8DBG. Był to układ dwustopniowy. W generatorze VFO pracowała lampa EF80 w układzie ze sprzężeniem elektronowym ECO. We wzmacniaczu mocy użyto EL84. Oba stopnie były kluczowane różnicowo: po naciśnięciu klucza włączany był najpierw generator VFO,

a następnie wzmacniacz. Opóźnienie było niewielkie i zależało od pojemności kondensatora $C = 0,1 \mu\text{F}$. Przełącznik błyskawiczny P służył do przełączania na strojenie lub pracę. Opornik 100Ω połączony szeregowo z kondensatorem 47 nF i włączony równoległe do klucza telegraficznego stanowił gasik przeciwdziałający iskrzeniu na stykach klucza. Zasilacz dostarczał napięcia żarzeniowego $6,3 \text{ V}$, ujemnego napięcia siatki -50 V oraz napięć stabilizowanych $+150$ i $+300 \text{ V}$.

3.3.8. Klucz elektronowy

Opis lampowego klucza elektronicznego, nazwanego przez konstruktora kluczem elektronowym zamieścił w numerze 9/1954 *Radioamatora* W. Wysocki SP2PW. Było to rozwiązanie rozbudowane i spełniające wysokie wymagania odnośnie stabilności i jakości generowanych impulsów kluczujących i przestrzegania długości odstępów. Klucz musiał wytwarzać impulsy spełniające wszystkie znormalizowane wymagania długości i ich stosunków, poza długością odstępów między literami i słowami, które zależały od operatora.

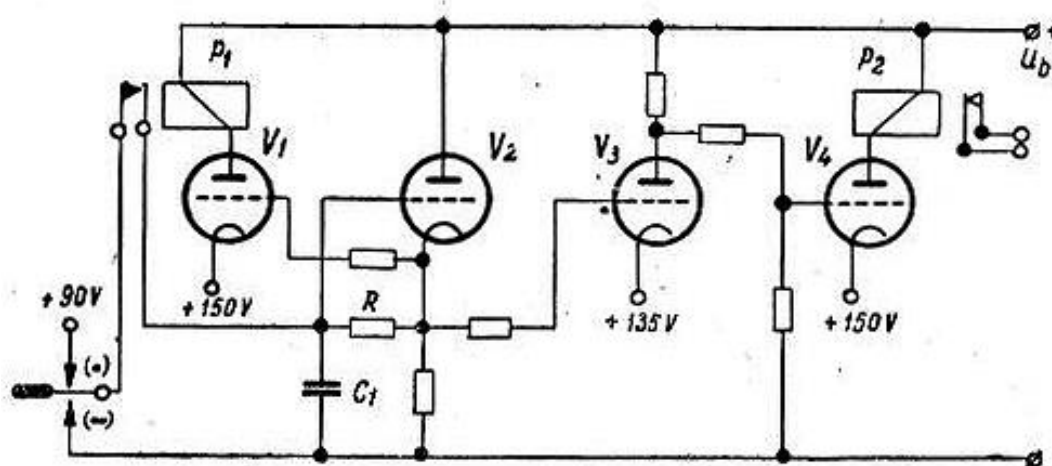
Przy przełączeniu kontaktu manipulatora w położenie dolne następowało rozładowanie kondensatora C_1 , siatka wtórnika katodowego V_2 otrzymywała potencjał masy, a potencjał jego katody obniżał się do około 15 V względem masy; lampa impulsowa V_1 była zablokowana dużym ujemnym napięciem siatki sterującej; lampa V_3 pełniąca rolę wzmacniacza prądu stałego zostawała również zablokowana; potencjał siatki lampy kluczującej (nazwanej przez autora lampą kluczową) rósł w kierunku dodatnim. Przez V_4 płynął prąd anodowy co powodowało zadziałanie przekaźnika kluczującego P_2 .

Napięcie ładujące kondensator C_1 było otrzymywane ze spadku napięcia na oporniku katodowym V_2 . Gdy napięcie to osiągało wartość 135 V zaczynała pracować lampa V_3 co powodowało zablokowanie lampy kluczującej V_4 ujemnym napięciem siatki sterującej względem jej katody. Po zablokowaniu V_4 przekaźnik kluczujący P_2 opadał co oznaczało koniec nadawanego impulsu.

Napięcie na oporze katodowym wtórnika katodowego V_2 rosło dalej i gdy osiągnęło wartość 150 V zaczynał płynąć prąd anodowy lampy impulsowej V_1 co powodowało zadziałanie przekaźnika P_1 .

Z tą chwilą zaczynała się następna kreska, jeżeli rączka manipulatora dalej znajdowała się w położeniu dolnym.

Gdy kontakt zostanie przełączony do $+90 \text{ V}$ generowane są krótkie impulsy – kropki. Cały opisany cykl zaczynał się wtedy od punktu na krzywej ładowania kondensatora C_1 , który odpowiadał połowie czasu trwania impulsu kreskowego.

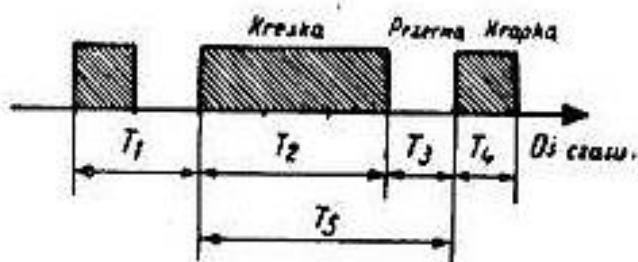


Rys. 1

Rys. 3.3.8.1. Uproszczony schemat klucza

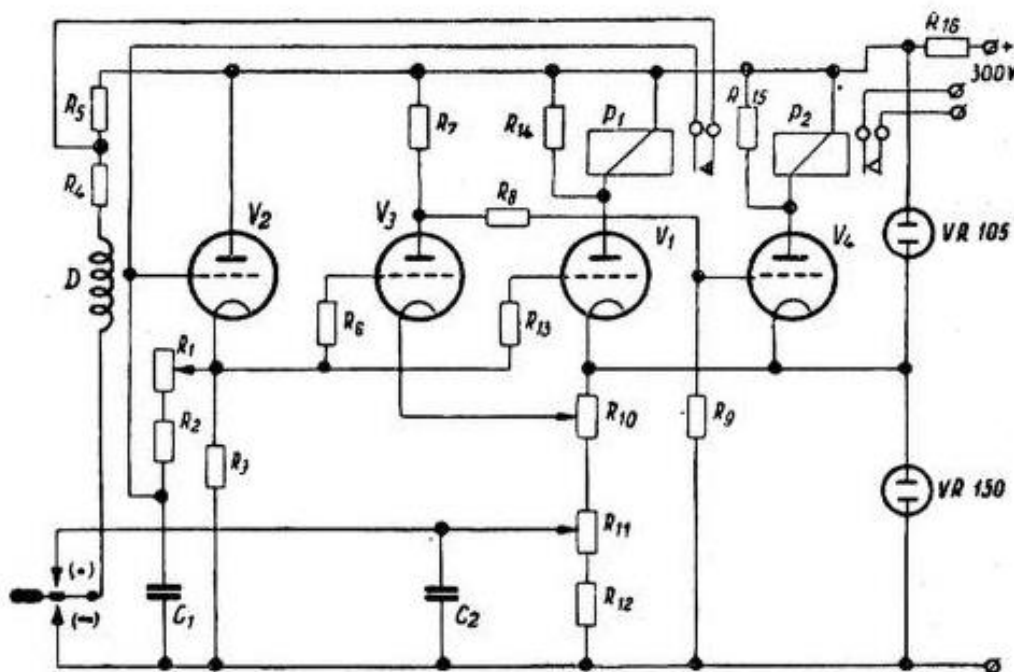
Klucz miał dwa różne impulsy różniące się długością. Czas trwania impulsu podstawowego T_1 i T_5 na rysunku 3.3.8.2 określał częstotliwość powtarzania przekaźnika P_1 czyli prędkość nadawania. Czas trwania impulsu pochodnego T_2 i T_4 na rysunku określał okres, w którym działał przekaźnik P_2 , a więc czas kluczowania nadajnika. Różnica między tymi czasami była równa długości przerwy między poszczególnymi impulsami kluczującymi T_3 na rysunku. Jak wynika z rysunku 3.3.8.2 impuls podstawowy

był dla kresek dwa razy dłuższy niż impuls dla kropek podczas gdy długość kreski była trzy razy większa od długości kropki.



Rys. 2

Rys. 3.3.8.2. Długości impulsów



Rys. 3

Rys. 3.3.8.3. Schemat ideowy klucza

W rozwiązaniu z rysunku 3.3.8.3 potencjometr R1 służył do regulacji szybkości nadawania przez zmianę częstotliwości powtarzania impulsu podstawowego. Dla zapewnienia szerokiego zakresu regulacji szybkości zalecane było użycie potencjometru o możliwie dużej oporności – powyżej 2 MΩ. Zamiast płynnej regulacji można było zastosować przełącznik o dużej ilości pozycji włączający oporniki stałe odpowiednio dobrane dla pokrycia wymaganego zakresu. Ustawienie ślizgacza na oporniku R1 określało stosunek czasu trwania kropki do czasu trwania kreski razem z należącymi do nich przerwami, a więc stosunek T1 do T5. Należało ustawić ślizgacz tak, aby wynosił on 1/2. Regulacja szybkości i regulacja przerw nie miały wpływu na stosunek T1 do T5 przy założeniu użycia przekaźników o małym czasie przelotu kotwiczki w porównaniu z czasem trwania impulsu głównego dla kreski i kropki (zalecane było użycie szybkich przekaźników). R10 służył do regulacji odstępów (T3) między kreskami i kropkami. Przesuwanie ślizgacza R10 przy niezmiennych ustawieniach R1 i R11 zmieniało długość przerw między kreskami i kropkami. Zwiększenie przerw powodowało zmniejszenie czasu trwania kluczowanego impulsu gdyż długości T1 i T5 zależą tylko od ustawienia R11. Prawidłowe działanie klucza zależy więc od ustawienia ślizgaczy R10 i R11.

Napięcie zasilania było stabilizowane za pomocą stabilizatorów jarzeniowych – neonowych – VR150 i VR105 lub STV150/15. Układ działał bardzo dobrze na lampach ECC40, 6SN7 i podobnych.

S p i s c z ę ś c i

- C_1 10 000 pF, kondensator mikowy lub ceramiczny, 200 V nap. pracy.
- C_2 1 μ F, kondensator papierowy, 200 V nap. pracy.
- R_1 potencjometr 2 M Ω , liniowy.
- R_2 1 M Ω
- R_3 100 k Ω /1W
- R_4 500 Ω
- R_5 5 M Ω
- R_6, R_9 2 M Ω
- R_7, R_{14}, R_{15} 100 k Ω .
- R_8 800 k Ω
- R_{10}, R_{11} potencjometry drutowe, 5000 Ω /4W.
- R_{12} 10 k Ω /5 W
- R_{13} 500 k Ω
- R_{16} zależny od napięcia zasilającego, około 2 do 20 k Ω .
- D dławik w. cz., indukcyjność ok. 2 mH.
- P_1, P_2 przekaźniki telegraficzne, patrz tekst.
- V_1, V_2, V_3, V_4 : 6SN7, ECC40 lub podobne.

Rys. 3.3.8.4

3.4. Technika jednowstęgowa

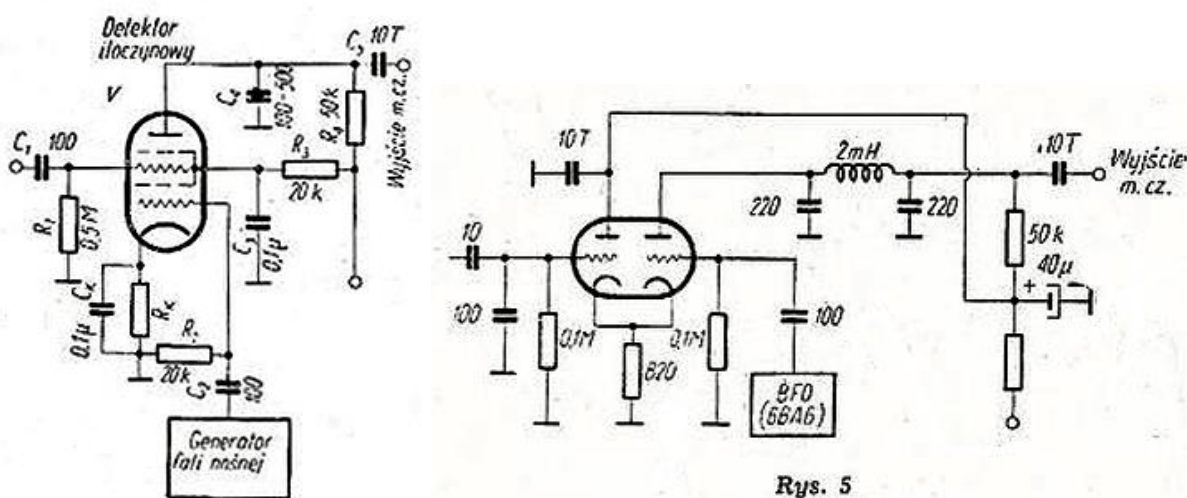
W Polsce pierwsze artykuły na temat techniki jednowstęgowej, autorstwa W. Wysockiego SP2DX i A. Jankowskiego SP2PJ ukazały się w *Radioamatorze* w 1957 roku w dziale KF i UKF. Cykl artykułów SP5PO zapoczątkowany w 1962 roku w *Radioamatorze i Krótkofalowcu polskim* przyczynił się do opracowania konstrukcji sprzętu SSB umożliwiających polskim krótkofalowcom wyjście eter tą emisją. Wśród pionierów oprócz Andrzeja Gamdzyka SP5PO byli Antoni Zębik SP7LA (konstruktor radiostacji „Błyskawica” nadającej w czasie Powstania Warszawskiego) i Julian Jarzombek SP3PL⁵. Silny wzrost liczby polskich stacji SSB nastąpił w latach 1965 – 67 kiedy w eterze coraz rzadziej można było napotkać stacje pracujące emisją AM. Od końca lat 60-tych XX wieku dużą popularność zyskały (później wielokrotnie modyfikowane i unowocześniane do wersji tranzystorowych i na układach scalonych) konstrukcje radiostacji SSB Jerzego Węglewskiego SP5WW, a następnie konstrukcje opracowane przez SP5AHT.

⁵ Antoni Zębik (1914 – 2009) ur. i zm. w Częstochowie. Od 1938 r. członek PZK, przedwojenny znak SP1ZA. Konstruktor radiostacji krótkofalowej dla Szefostwa Łączności 7 Dp w Częstochowie. Brał udział w kampanii wrześniowej. Od 1940 roku w Związku Walki Zbrojnej (późn. AK). W konspiracji współpracował z wieloma przedwojennymi krótkofalowcami i konstruował nadajniki dla potrzeb podziemia. Konstruktor radiostacji „Błyskawica” nadającej w czasie powstania Warszawskiego. Po wojnie aktywny działacz oddziału PZK w Częstochowie. Był w ścisłej krajowej czołówce uruchamiającej się na SSB. Konstruktor nagradzanych radiostacji i odbiorników krótkofalarskich – wykonał dziesiątki urządzeń krótkofalarskich. Aktywny na pasmach KF, zwłaszcza w zawodach. Wyróżniony Odznaką Honorową PZK. Odznaczony Krzyżem Oficerskim i Kawalerskim OOP.

3.4.1. Przystawka do odbioru SSB SP2DX

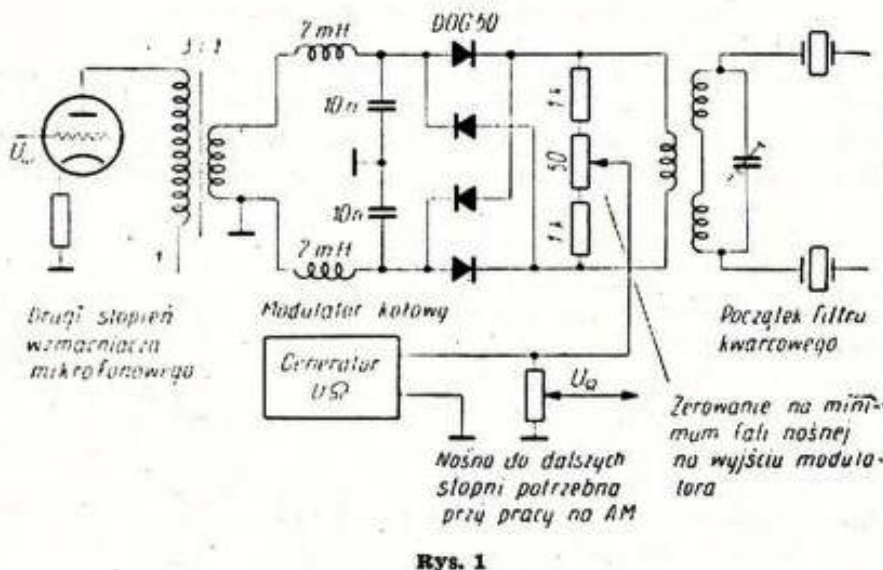
Pierwszą obszerniejszą publikacją na temat techniki jednowstęgowej w prasie krótkofalarskiej w Polsce był artykuł Wiesława Wysockiego SP2DX w numerze 5/1957 *Radioamatora*. Autor wyjaśniał w nim podstawy emisji SSB, jej właściwości, sposoby demodulacji i układy detekcyjne. Porównywał też właściwości detekcji diodowej z dodaną falą nośną (z generatora dudnieniowego – BFO) i detektora iloczynowego. W detektorze z ilustracji 3.4.1.2 można było zastosować lampy 12U7, 63SN7, ECC40 lub ECC82. W anodzie prawej triody znajdował się filtr tłumiący składową w.cz. Składał się on z dwóch kondensatorów 220 pF oraz dławika 2 mH. Generator dudnieniowy BFO pracował na lampie 6BA6 w układzie ECO. Jego napięcie wyjściowe było doprowadzone do siatki detektora przez kondensator 100 pF.

Przytoczone w artykule przykłady rozwiązań detektorów iloczynowych można było wykorzystać do konstrukcji przystawki SSB do odbiornika krótkofalowego.



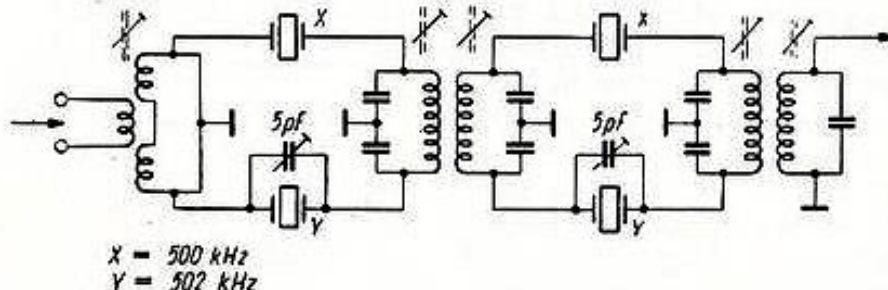
Rys. 3.4.1.1. Schemat najprostszego detektora iloczynowego
 Rys. 3.4.1.2. Schemat detektora iloczynowego z odbiornika Collins 75A4

3.4.2. Układy nadajników jednowstęgowych



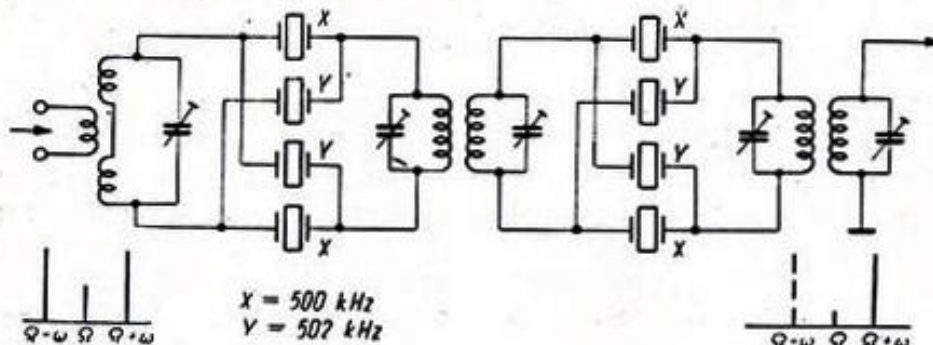
Rys. 3.4.2.1. Modulator zrównoważony

W artykule opublikowanym w numerze 4/1961 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego (RiK)* Andrzej Gamdzyk SP5PO przedstawił najważniejsze bloki wchodzące w skład odbiorników i nadajników SSB i wyjaśniał zasady ich działania i metody uzyskiwania sygnału SSB. Autor porównywał też właściwości detektora diodowego przy odbiorze SSB z właściwościami detektora iloczynowego.



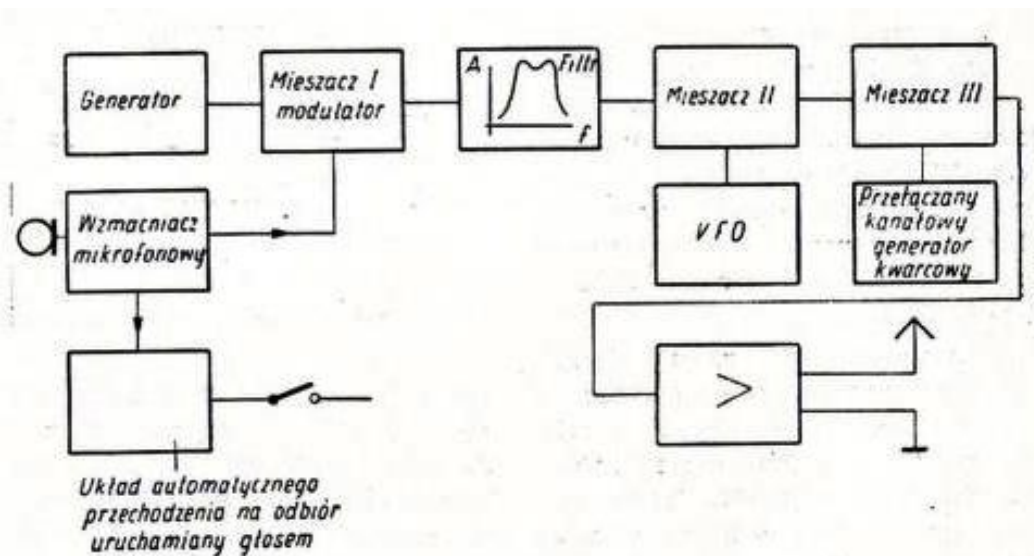
Rys. 2. Prosty filtr kwarcowy „half lattice filter“

Rys. 3.4.2.2. Filtr kwarcowy



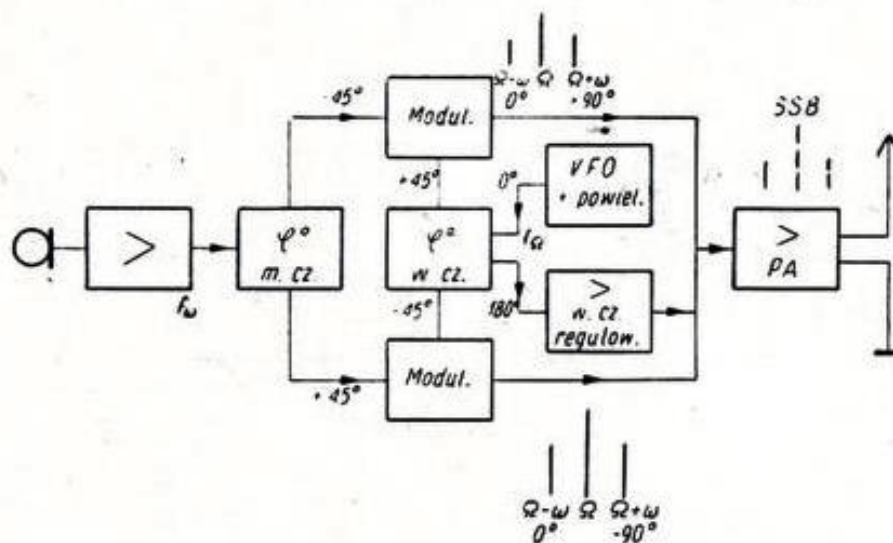
Rys. 3. Mostkowy filtr kwarcowy „lattice filter“

Rys. 3.4.2.3. Mostkowy filtr kwarcowy



Rys. 5. Uproszczony schemat blokowy układu filtrowego

Rys. 3.4.2.4. Schemat blokowy radiostacji dla metody filtrowej



Rys. 6. System fazowy
φ — przesuwnik fazowy

Rys 3.4.2.5. Schemat blokowy radiostacji dla metody fazowej

3.4.3. Nadajnik SSB z filtrową metodą formowania sygnału

Opis nadajnika własnej konstrukcji opublikował Andrzej Gamdzyk SP5PO w numerze 8/1961 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego (RiK)*. Nadajnik był przystosowany do pracy we wszystkich pasmach amatorskich. Oprócz emisji A3A (SSB) mógł on pracować emisjami A1, A2 i A3. Ze względu na stosunkowo skomplikowany układ autor zrezygnował z przytaczania schematu ideowego i ograniczył się do omówienia najważniejszych spraw w oparciu o schemat blokowy.

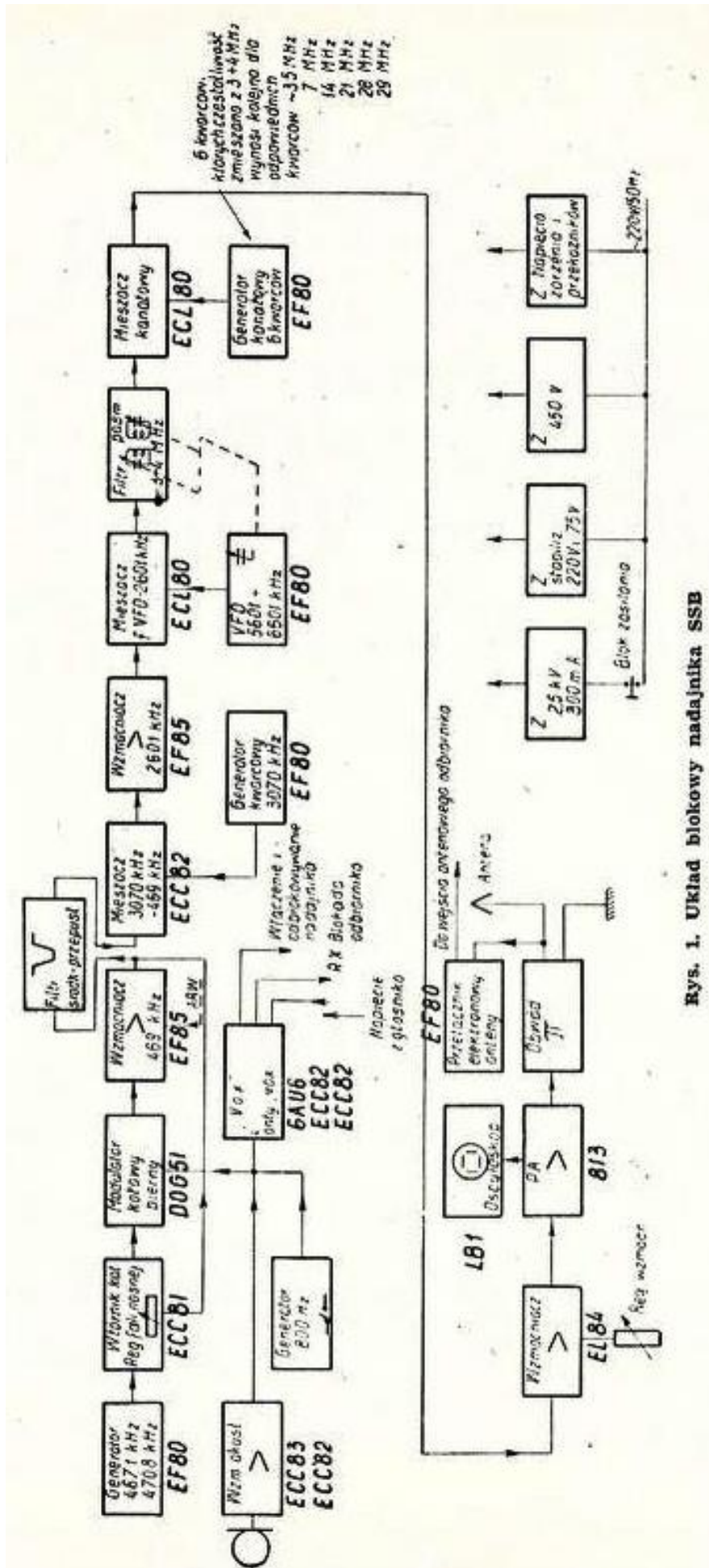
Na wyjściu liniowego wzmacniacza mocy znajdował się filtr typu Pi w układem symetryzującym. Maksymalna moc wyjściowa wynosiła 350 W. Dzięki płynnej regulacji wzmocnienia w poprzednich stopniach mogła być ona regulowana w szerokim zakresie.

Modulator kołowy był wykonany na krajowych diodach germanowych typu DOG51. W celu uzyskania liniowej charakterystyki diod w szereg z każdą z nich włączono oporniki 100 Ω. Wobec małego asortymentu dobrych diod konstruktorzy mieli trudności w uzyskanu stabilności cieplnej modulatorów zrównoważonych. Konieczne było umieszczenie modulatora w takim miejscu, w którym możliwa była regulacja ich symetrii. Zalecane było też uprzednie wygrzanie nadajnika przez 30 minut. Jako filtr kwarcowy zastosowano 8-kwarcowy filtr mostkowy przedstawiony w poprzednim punkcie. Jego montaż wymagał dbałości o symetrię względem ziemi. Kwarce powinny być zestawiane parami o częstotliwościach $X = 468$ i $Y = 469,9$ kHz, a dopuszczalne odchyłki nie powinny przekraczać ± 20 Hz. Jego charakterystyka przenoszenia na poziomie -3 dB miała szerokość 2,8 kHz, a na poziomie -20 dB – 3,7 kHz. Konstruktor osiągnął tłumienie nośnej 80 dB.

Zgodnie z przyjętymi w krótkofalarstwie normami w pasmach 3,5 i 7 MHz nadajnik dostarczał sygnału z dolną wstęgą boczną (DWB), a na pozostałych z górną (GWB).

Oprócz układu automatycznego kluczowania nadajnika VOX był on wyposażony w dodatkowy układ anti-VOX-u zapobiegający włączeniu nadajnika pod wpływem głosu pochodzącego z głośnika.

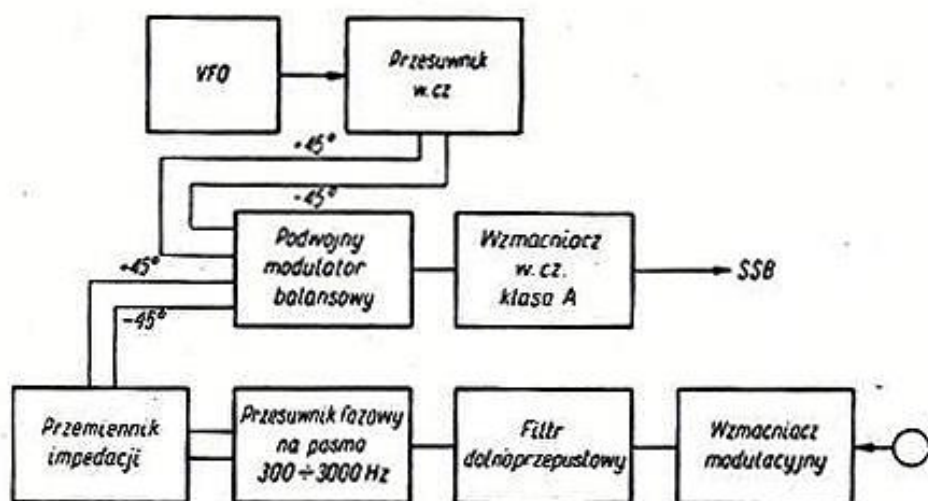
Na następnej stronie: rys. 3.4.3.1. Schemat blokowy nadajnika



Rys. 1. Układ blokowy nadajnika SSB

3.4.4. Fazowy adapter SSB

Opis fazowej przystawki SSB konstrukcji Jana Sroczyńskiego SP3PS został opublikowany w numerze 9 i 10/1963 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego (RiK)*. Według autora liczba polskich stacji pracujących emisją SSB była wówczas niewielka podczas gdy krótkofalowcy zachodni korzystali z niej od ponad 10 lat. Podstawowymi zaletami tego rozwiązania były protota, niska cena i łatwość uruchomienia. Ponieważ koszt filtra kwarcowego był wysoki jak na warunki polskie, autor zdecydował się na układ korzystający z metody fazowej. W artykule została też opisana zasada działania metody polegającej na kompensacji składowych niepożądanego wstęgi i sumowaniu składowych pożądanego. Przesunięcia fazowe o 180° dla składowych niepożądanych uzyskiwało się dzięki przesunięciu w jednym kanałach sygnału nośnej lub sygnału modulującego o 90° albo obu (wykorzystaniu sygnałów kwadraturowych). Dzięki odpowiednim kombinacjom sygnałów przesuniętych i nieprzesuniętych w fazie – synfazowych i kwadraturowych – otrzymuje się wstęgi górną lub dolną (w odbiornikach z metodą fazową kombinacja tych sygnałów eliminuje odbiór niepożądanego wstęgi). Ponieważ wyjście przesuwników fazowych m.cz. ma dużą oporność dynamiczną zastosowano człon dopasowujący do niskiej oporności wejściowej modulatora diodowego. Składał się on ze wzmacniacza klasy B i dwóch autotransformatorów dopasowujących i na schemacie blokowym był oznaczony jako przemiennik impedancji.



Rys. 1. Schemat blokowy przystawki SSB

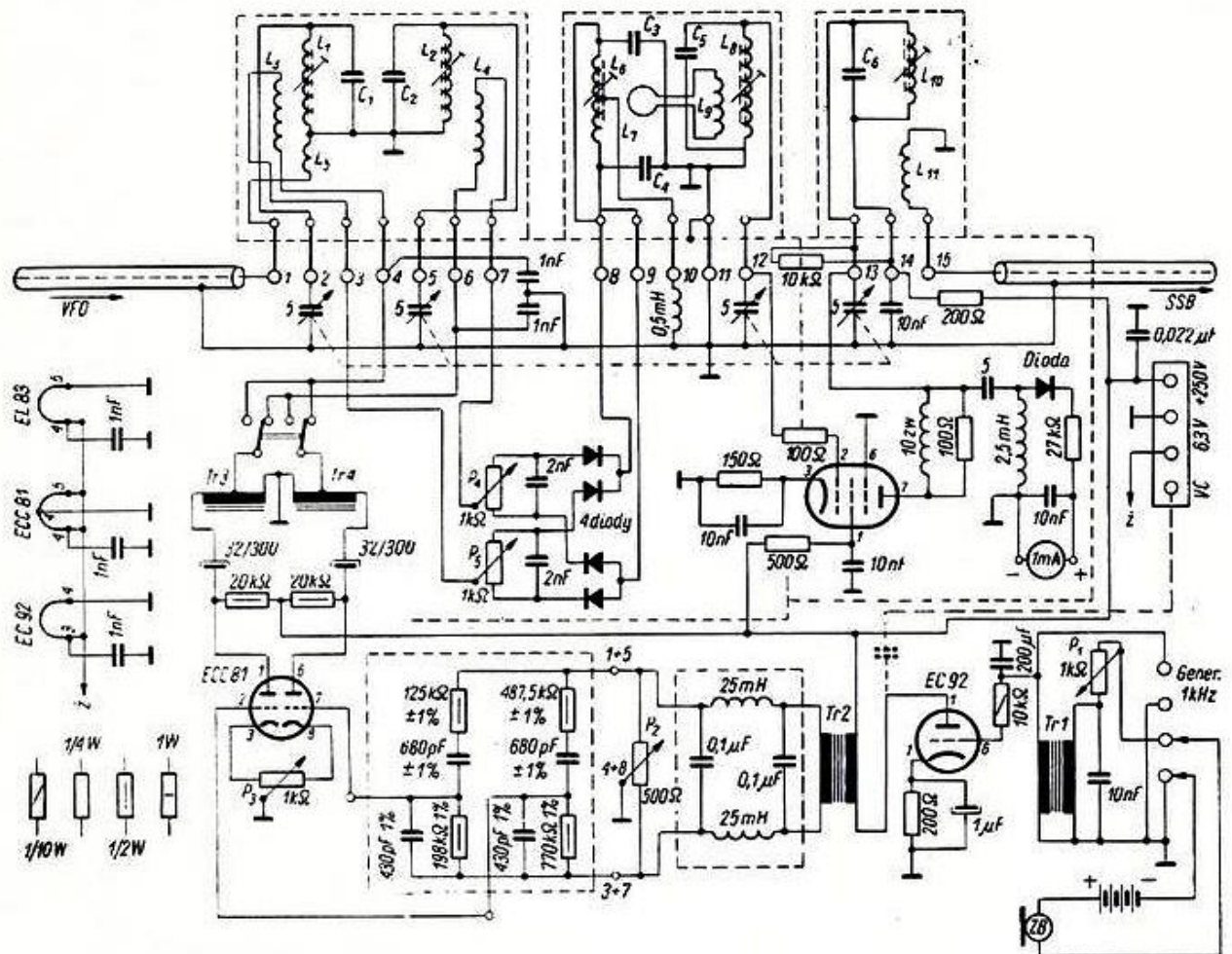
Rys. 3.4.4.1

Autor podkreślał, że możliwe do osiągnięcia w praktyce w metodzie fazowej było tłumienie fali nośnej o ponad 40 dB i niepożądanego wstęgi o nieco powyżej 35 dB.

Na wejściu toru m.cz. włączony był mikrofon węglowy dostarczający sygnału o paśmie ograniczonym do 300 – 3000 Hz. Jednostopniowy wzmacniacz m.cz. pracował na triodzie EC92 i posiadał dodatkowe wejście dla generatora akustycznego. Transformator mikrofonowy miał przekładnię 1:20. Był on nawinięty na rdzeniu MO42. Uzwojenie pierwotne zawierało 240 zwojów DNE 0,2 mm i było zablokowane kondensatorem 10 nF, a uzwojenie wtórne 480 zwojów DNE 0,1 mm. Na wyjściu wzmacniacza znajdował się transformator anodowy dopasowujący wyjście wzmacniacza do wejścia modulatora diodowego. Był on nawinięty na rdzeniu EJ54 ze szczeliną powietrzną 0,2 mm. Uzwojenie pierwotne składało się z 4200 zwojów DNE 0,12 mm, a wtórne 340 zwojów DNE 0,16 mm.

Następujący po nim filtr dolnoprzepustowy ogranicza pasmo do 3000 Hz. Jego cewki były nawinięte na rdzeniach ferrytowych o dużej przenikalności magnetycznej. Konstruktor użył fabrycznego filtra typu TF2-02 firmy AEG stosowanego w telefonii nośnej. Schemat przesuwnika fazowego RC przedstawiono na ilustracji. W każdej gałęzi uzyskiwano przesunięcie fazy 45° , a więc w sumie wynosiło ono 90° . Dla uzyskania dobrego tłumienia niepożądanego wstęgi tolerancje w RC musiały wynosić 1%. Przedstawiony

na schemacie przesuwnik był wzorowany na fabrycznym przesuwniku typu 2Q4 firmy Barker & Williamson. Oryginał był zbudowany w formie lampy stalowej z cokołem oktalem.



Rys. 2. Schemat ideowy przystawki SSB

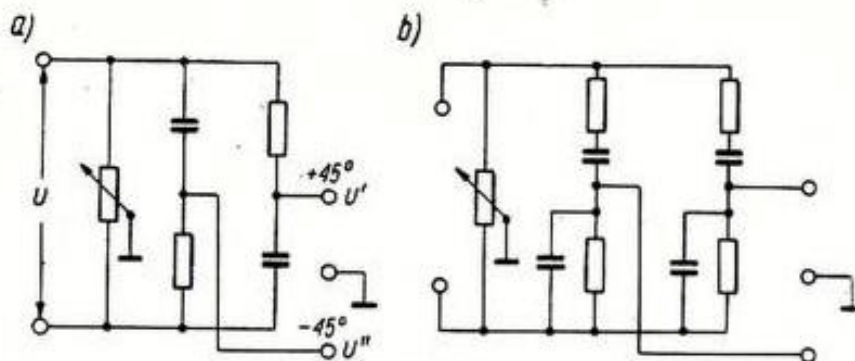
Rys. 3.4.4.2

Jako przemiennik impedancji z wysokiej oporności wyjściowej przesuwnika fazy do oporności wejściowej modulatora zrównoważonego 600Ω służyła dla każdego kanału półwka lampy ECC81. Potencjometr P3 służył do ustawienia symetrii kanałów. Przełączane autotransformatory Tr3 i Tr4 na wyjściu umożliwiają zmianę wstęgi bocznej. Transformatory były nawinięte na rdzeniach MO42 o przekroju $1,3 \text{ cm}^2$. Część uzwojenia od strony masy składała się z 400 zwojów DNE $0,2 \text{ mm}$, a druga nawinięta na przekładce z bibułki transformatorowej 6000 zwojów DNE $0,1 \text{ mm}$.

W przystawce zastosowano podwójny modulator zrównoważony, przedstawiony poniżej na schemacie. Do ustawienia równowagi służyły widoczne na schemacie potencjometry $1 \text{ k}\Omega$. Po zrównoważeniu modulatory tłumią falę nośną i na ich wyjściach występował sygnał dwuwstęgowy DSB. Dla ich poprawnego działania było wymagane aby amplituda nośnej w.cz. była 6 – 8 razy większa od amplitudy sygnału modulującego. Dla zapewnienia symetrii kondensatory C3 i C4 ($1 - 5 \text{ nF}$) nie powinny się różnić o więcej niż 1%. Konieczne było też dobranie czterech ostrzowych diod germanowych. Prądy przewodzenia dla dwóch wybranych napięć np. 1 i $0,2 \text{ V}$ nie powinny różnić się między sobą o więcej niż 3%. Selekcja polegała na wstępnym wybraniu diod o równym prądzie przewodzenia przy napięciu 1 V, a z nich wybraniu diod które miały równe prądy przewodzenia przy napięciu $0,2 \text{ V}$. Można było też użyć gotowego kwartetu od telefonii nośnej gdyż były one bardzo starannie dobierane nie tylko pod względem charakterystyk prądowych ale również temperaturowo. Zasadniczo należałoby zbadać diody pod względem dynamicznym, ale nie było to możliwe w warunkach amatorskich. Konstruktor wykorzystał dwie równe pary diod używanych w dyskryminatorze fonii odbiornika telewizyjnego.

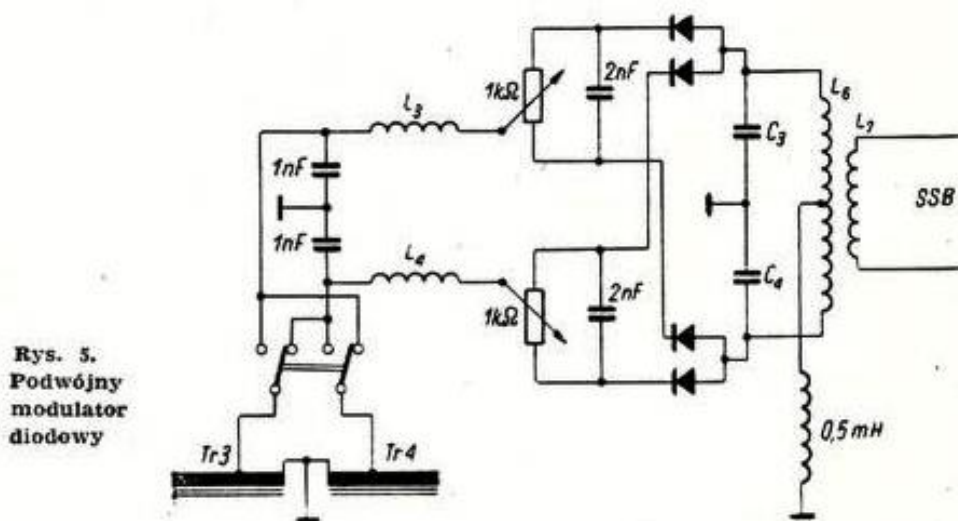
Jako przesuwnik w.cz. wykorzystano układ oparty na zasadzie, że w dwóch sprzężonych ze sobą obwodach rezonansowych napięcia są przesunięte względem siebie o 90° . Jeżeli obwody są sprzężone krytycznie to napięcia na ich końcówkach są równe. Oba obwody tego filtra pasmowego o sprzężeniu krytycznym musiały być dostrojone do tej samej częstotliwości. Alternatywą były przesuwniki RC, RL lub LC.

Jednowstęgowy sygnał wyjściowy był wzmacniany na lampie EL83 pracującej w klasie A. Wymagał ona jednak neutralizacji. Można było też zastosować lampę 6AG7. Opornik w katodzie musiał mieć wartość 80Ω , a w ekranie $4 \text{ k}\Omega/0,5 \text{ W}$. Opornik 100Ω w pierwszej siatce i dławik nawinięty na oporniku miały za zadanie tłumienie drgań pasożytniczych w zakresie ultrakrótkofalowym.



Rys. 3. Przesuwniki fazowe m.cz. typu RC

Rys. 3.4.4.3



Rys. 5. Podwójny modulator diodowy

Rys. 3.4.4.4

Dane cewek i kondensatorów przesuwника fazowego w. cz.

Pasma (MHz)	C_1, C_2	L_1, L_2	L_1, L_4	L_5	Odległość między osiami cewek w przybliżeniu
3,5	200 pF mika	30 zwojów DNJJn \varnothing 0,5 mm, na korpusie z polistyrenu \varnothing 19 mm	3 zwoje. drut \varnothing 0,6 w iglicie, nawinięte na L_1, L_2	3 zwoje DNJJn \varnothing 0,5 mm pod L_1	około 40 mm
7	100 pF mika	17 zwojów, drut i korpus jak wyżej	2 zwoje drut jak wyżej	2 zwoje jak wyżej	„
14	65 pF ceram.	10 zwojów DNJJn \varnothing 0,4 mm na korpusie bakelit. \varnothing 0,10 mm z rdzeniem proszkow.	2 zwoje drut jak wyżej	2 zwoje DNJJn \varnothing 0,4 mm pod L_1	około 52 mm
21	50 pF ceram.	6 zwojów, drut i korpus jak na 14 MHz	1,5 zwoja drut jak wyżej	1,5 zwoja, drut jak wyżej	około 30 mm
29	30 pF ceram.	L_2 4 zwoje, L_1 5 zwojów, drut srebrzony \varnothing 1 mm nawijany w odstępie, odczep na 1 zwoju od dołu L_1 , korpus jak wyżej	1 zwój drut jak wyżej	1 zwój dalszy ciąg L_1	„

Dla pasma 3,5 i 7 MHz użyto na korpusy dla cewek tubki po pastylkach „Acron”. W celu zmiany indukcyjności wmontowano na płytkę przytrzymującą cewki od góry korpusy od cewek odbiornika „Pionier” z rdzeniami proszkowymi. Podane ilości zwojów są orientacyjne, zależnie od użytych korpusów i rodzaju rdzeni mogą zajść niewielkie zmiany w ilości zwojów. Konstrukcja musi zapewniać możliwość przesuwania cewek między sobą w celu uzyskania krytycznego sprzężenia. Cewki po zestrojeniu i wypróbowaniu należy utrwalić za pomocą odpowiedniego lakieru.

Rys.3.4.4.5

3.4.5. Prosty nadajnik-wzбудnica na pasmo 20 m

Opis konstrukcji Jerzego Węglewskiego SP5WW został opublikowany w numerze 11/1965 *RiK*. Celem autora i redakcji było przyspieszenie rozpowszechniania się emisji SSB w Polsce. Konstrukcja pięciolampowej wzбудnicy była oparta na opracowaniach krótkofalowców amerykańskich i niemieckich opublikowanych w *QST* z 1960 roku i *DL-QTC* z 1961 roku⁶. Zastosowano w niej uproszczony półmostkowy filtr kwarcowy na trzech rezonatorach typu FT-243, uproszczony dwudiodowy modulator zrównoważony i sterowany kwarcem generator fali nośnej na części triodowej lampy ECF82 (V1).

⁶ Dla zapoznania się z zagadnieniami techniki SSB autor odsyłał czytelników do książek: *Amatorskie nadajniki KF i UKF* mgr inż. L. Kossobudzkiego – SP5AFL i J. Ładny SP5XM (WKiŁ Warszawa 1964) i

Amatorskie urządzenia krótkofalowe mgr inż. R. Girulskiego – SP5QQ (WNT Warszawa 1963). Ryszard Girulski SP5QQ (1926 – 2008), absolwent Telekomunikacji PW, pracownik IŁ w Warszawie i Miedzeszynie, a następnie Instytutu Badań Jądrowych w Świerku. Autor wielu książek z zakresu radiotechniki i elektrotechniki, w tym wymienionej powyżej. Działał w Oddziale Warszawskim PZK. Redaktor „Biuletynu PZK”, w którym zamieszczał nowe opracowania konstrukcyjne. W 1972 r. wyjazd do Kanady. Działacz Polonii Kanadyjskiej, konstruktor systemu telefonicznego przekazywającego najnowsze wiadomości z Polski (opartego na zasadzie automatycznej sekretarki).

Filtr zapewniał tłumienie niepożądanego (dolnego) wstęgi nie gorsze niż 45 dB. Transformator wyjściowy modulatora składał się z dwóch cewek: L2 dwuwarstwowo po 30 zwojów (w sumie 60 zwojów) i L1 nawiniętej bifilarnie na L2. Składała się ona z 8 podwójnych (bifilarnych) zwojów DNE 0,3 mm. Wewnątrz rurki znajdował się rdzeń proszkowy.

Generator pracował na częstotliwości 5773 kHz. Kwarce był włączony między siatkę i anodę lampy⁷. Kwarce filtru należało dobrać tak, aby częstotliwość Y2 była wyższa od częstotliwości Y1 (generatora) o 100 – 200 Hz, Y3 była wyższa od Y1 o 600 – 800 Hz, a Y4 – wyższa od Y3 o 1500 – 2000 Hz. Kwarce Y4 należało przeszlifować we własnym zakresie. Szlifowanie polegało na tarcu wyjętego z oprawki rezonatora o powierzchnię matówki fotograficznej pod strumieniem wody. Po kilkunastu obrotach należało płytkę obmyć, wysuszyć miękką bawełnianą szmatką i skontrolować przyrost częstotliwości. Filtr można było wykonać z kwarców dowolnego typu.

Pozostałe można było dobrać z większej ilości. Kwarce były rozprowadzane po korzystnej cenie przez PZK wśród jego członków-nadawców.

Część pentodowa V1 pracowała jako wzmacniacz modulacyjny. W jej obwodzie anodowym znajdował się transformator o przekładni oporowej 20000/600 Ω dopasowujący do niewielkiej oporności wejściowej modulatora. Na wejściu wzmacniacza włączony był mikrofon krystaliczny. W katodzie w szereg z opornikiem 5,6 k Ω włączony był potencjometr P2 (1 – 1,5 k Ω), za pomocą którego sygnał fali nośnej jest doprowadzony bezpośrednio do mieszacza V2 z pominięciem modulatora diodowego i filtra kwarcowego. Było to potrzebne przy strojeniu lub pracy telegraficznej. Przy pracy emisją A3A (SSB) potencjometr był zwarty wyłącznikiem S1. W modulatorze zastosowano łatwo wówczas dostępne diody DOG53. Autor zalecał zastosowanie diod OA154 albo 1N34 po dobraniu pary.

Sygnał SSB (górną wstęgą) był następnie na lampie V2 ECC81 mieszany z sygnałem przestrajanego w zakresie 8220 – 8600 kHz. generatora VFO w celu otrzymania częstotliwości w paśmie 20 m (13990 – 14373 kHz). Generator przestrajany pracował w układzie ze sprzężeniem elektronowym (ECO) na lampie V3 6AG7.

Wzbudnica była przystosowana do pracy tylko w paśmie 20 m i dawała 5 – 8 W PEP mocy wyjściowej. Liniowy stopień końcowy w klasie A pracował na pentodzie głośnikowej EL83 (V5) sterowanej przez wzmacniacz na pentodzie V4 typu EF80. Na wyjściu stopnia mocy znajdował się filtr typu Pi umożliwiający dopasowanie impedancji anten w szerokim zakresie. Wzmacniacz końcowy pracował z neutralizacją (za pomocą kondensatora Cn). Wskaźnikiem dostrojenia był umieszczony na wyjściu woltomierz diodowy. Potencjometr P4 umożliwiał ustawienie zakresu wskazań miernika 1 mA w granicach do około 20 V.

Wzbudnica mogła sterować dodatkowy wzmacniacz większej mocy. Autor położył szczególny nacisk na prostotę układu i możliwość szybkiego wyjścia w eter.

Do zasilania wzbudnicy służył zasilacz 240 – 300 V/75 mA oraz 6,3 V 2 A.

⁷ W generatorze tym – generatorze Pierce'a – rezonator był wykorzystany jako indukcyjność zastępcza. Generator kwarcowy Pierce'a jest odmianą generatora Colpittsa (z dzielnikiem pojemnościowym). Nazwa generatora pochodzi od nazwiska jego wynalazcy, którym był amerykański fizyk George Washington Pierce (1872–1956).

4. Półprzewodnikowe konstrukcje KF

Tranzystor jest trójelektrodowym (rzadko czteroelektrodowym) przyrządem półprzewodnikowym, mającym zdolność wzmacniania sygnału elektrycznego. Nazwa wywodzi się od słów (transrezystancja; ang. *transresistance*) z „półprzewodnikowym” przyrostkiem -stor. Wynalezienie tranzystora uważa się za przełom w elektronice, zastąpił on bowiem duże, zawodne i energochłonne lampy elektronowe, dając początek coraz większej miniaturyzacji przyrządów i urządzeń elektronicznych, zwłaszcza że dzięki mniejszemu poborowi mocy można było zmniejszyć też współpracujące z tranzystorami elementy bierne. W układach scalonych o najwyższej skali integracji (na przykład w mikroprocesorach) ich liczba przekracza miliard.

Pierwszym rodzajem tranzystorów były tranzystory ostrzowe, zwane również tranzystorami punktowymi. Ich konstrukcja pochodziła z grudnia 1947 roku. Składały się z krysztalka półprzewodnika (germanu) stanowiącego podstawę (bazę) tranzystora do którego były doprowadzone ostrza elektrod emitera i kolektora. Były one niestabilne mechanicznie ponieważ pod wpływem wstrząsów i innych czynników zewnętrznych ostrza przesuwwały się i tranzystory traciły właściwości wzmacniające – często nawet po kilku miesiącach. Tranzystory te stosowano głównie w układach ze wspólną bazą i wymagały zasadniczo dwóch napięć zasilających. Miały one częstotliwości graniczne pozwalające na stosowanie ich w zakresie krótkofalowym. Tranzystory ostrzowe zostały w ciągu kilku lat wyparte przez warstwowe. Mimo krótkiego czasu produkcji, tranzystory ostrzowe znalazły zastosowanie w aparatach słuchowych, radiowych, a nawet zbudowano na nich komputery (Uniwersytet w Manchesterze, 1953). Ostatnie tranzystory ostrzowe wycofano z produkcji prawdopodobnie jeszcze w latach 50 XX w.

W Polsce poczynając od 1953 roku zbudowano trzy doświadczalne serie tranzystorów ostrzowych TP1, TP2 i TP3 (od „tranzystor punktowy”). Tranzystor TP1 został wykonany w liczbie około 250 sztuk, był bardzo nietrwały – jedynie 10% przetrwało okres 6 miesięcy. Tranzystorów TP2 i TP3 wykonano po około 150 sztuk. Nie weszły do produkcji seryjnej.

Kolejną generacją były tranzystory warstwowe – początkowo stopowe, następne stopowo-dyfuzyjne i dyfuzyjne. Składały się one z trzech różnie domieszkowanych obszarów: obszarów **p** o domieszkowaniu takim, aby w strukturze krystalicznej występował niedomiar elektronów czyli inaczej nadmiar dziur – wolnych miejsc mogących przyjąć elektrony i obszarów **n** – domieszkowanym tak, aby występował w nim nadmiar elektronów⁸. Domieszkowanie polegało na dodaniu do krysztalu półprzewod-

⁸ Półprzewodniki samoistne mają mało ładunków swobodnych (co objawia się dużą opornością właściwą), dlatego też stosuje się domieszkowanie. Jego materiał jest idealnie czysty, bez żadnych zanieczyszczeń struktury krystalicznej. Koncentracja wolnych elektronów w półprzewodniku samoistnym jest równa koncentracji dziur. Materiały uzyskane przez domieszkowanie nazywają się półprzewodnikami niesamoistnymi lub półprzewodnikami domieszkowanymi.

Domieszkowanie polega na wprowadzeniu i aktywowaniu atomów domieszki do struktury krysztalu. Domieszki są atomami pierwiastków niewchodzących w skład półprzewodnika samoistnego – przykładem niech będzie domieszka krzemu w arsenku galu. Ponieważ w wiązaniach kowalencyjnych bierze udział ustalona liczba elektronów, zamiana któregoś z atomów struktury na odpowiedni atom domieszki powoduje wystąpienie nadmiaru lub niedoboru elektronów.

Wprowadzenie domieszki dającej nadmiar elektronów (w stosunku do półprzewodnika samoistnego) powoduje powstanie półprzewodnika typu n, domieszka taka zaś nazywana jest domieszką donorową („oddaje elektron”). W takim półprzewodniku powstaje dodatkowy poziom energetyczny (poziom donorowy) położony w obszarze pasma wzbronionego niewiele poniżej poziomu przewodnictwa lub w samym paśmie przewodnictwa. Nadmiar elektronów jest uwalniany do pasma przewodnictwa (prawie pustego w przypadku półprzewodników samoistnych) w postaci elektronów swobodnych zdolnych do przewodzenia prądu. Mówimy wtedy o przewodnictwie elektronowym lub przewodnictwie typu n (z ang. *negative*, ujemny). Dla krzemu typowymi domieszkami donorowymi są atomy 15. grupy układu okresowego (więcej elektronów walencyjnych), głównie fosfor.

Wprowadzenie domieszki dającej niedobór elektronów (w stosunku do półprzewodnika samoistnego) powoduje powstanie półprzewodnika typu p, domieszka taka zaś nazywana jest domieszką akceptorową („przyjmuje elektron”). W takim półprzewodniku powstaje dodatkowy poziom energetyczny (poziom akceptorowy) położony w obszarze pasma wzbronionego niewiele nad poziomem walencyjnym, lub w samym paśmie walencyjnym. Poziomy takie wiążą elektrony znajdujące się w paśmie walencyjnym (prawie zapełnionym w przypadku półprzewodników samoistnych), powodując powstanie w nim wolnych miejsc. Takie wolne miejsce nazwano dziurą elektronową.

nika atomów materiałów zmieniających jego właściwości na jedne z wyżej opisanych. Różnice między tranzystorami stopowymi, stopowo-dyfuzyjnymi i dyfuzyjnymi polegały najprościej mówiąc na sposobach łączenia ze sobą wymienionych rodzajów domieszkowanego półprzewodnika (stapianie ze sobą materiałów o różnym charakterze – początkowo w tranzystorach pnp wtapienie kulek z indu do cienkiej i słabo domieszkowanej płytki germanowej typu n, a w tranzystorach npn kulek z ołowiu z domieszką antymonu albo fosforu do płytki germanowej typu p) lub domieszkowanie różnych obszarów kryształu w różny sposób (tranzystory dyfuzyjne)⁹. Częstotliwości graniczne tranzystorów stopowych wynosiły kilka do kilkunastu MHz w zależności od mocy. Możliwe było też stosowanie dla każdego z obszarów przejściowych między bazą a pozostałymi elektrodami różnych sposobów (tranzystory stopowo-dyfuzyjne). Złącze emitera było w nich wykonywane metodą stopową jak powyżej, podstawę stanowiła płytka kolektora, a bazę otrzymano przez dyfuzję domieszki. Tranzystory stopowo-dyfuzyjne charakteryzowały się częstotliwością graniczną od kilkudziesięciu do ponad 100 MHz, dzięki czemu mogły być stosowane na falach krótkich i UKF-ie. Jednymi z bardziej znanych typów była produkowana wówczas w milionach sztuk seria OC170 Philipsa (OC171V – o najniższych szumach, do wzmacniaczy w.cz., OC171M przeznaczone do mieszaczy, OC170 i OC169 – o najniższych częstotliwościach granicznych, przeznaczone do wzmacniaczy p.cz.). W Polsce były to tranzystory TG37 – TG40, a następnie AF426 – AF430. Znajdowały one zastosowanie w odbiornikach na fale długie, średnie i krótkie.

W zależności od metod domieszkowania i otrzymywania przylegających domieszkowanych warstw można jeszcze wyróżnić tranzystory mesa (w produkcji była stosowana metoda wielokrotnej dyfuzji; ich częstotliwość graniczna dochodziła do kilkuset MHz), epitaksjalne i epitaksjalno-planarne. Początkowo tranzystory były wykonywane na bazie germanu, a dopiero później krzemu. W Polsce tranzystory mesa miały oznaczenia AF514 – AF516 (pierwszy germanowy typ miał oznaczenie TG41) i BF504 – BF506 (produkowane od 1967 r.; początkowe oznaczenie TK10). Po nich nastąpiły tranzystory planarne typów BF519 – BF521 i BC527 – BC528. Tranzystorami mesa dużej mocy były produkowane od 1969 roku BUY52, BUY53 i BUY54, które były stosowane również w stopniach mocy amatorskich nadajników na niższe pasma KF. Ich częstotliwości graniczne F_T były ≥ 10 MHz, a dopuszczalne moce strat od około 2 W bez radiatora do około 10 W dla radiatora 150 x 150 x 3 mm w temperaturze 45°C, a dla większych radiatorów nawet więcej.

W zależności od kolejności warstw można wyróżnić tranzystory pnp (na schematach posiadające strzałkę prowadzącą od emitera do bazy) i npn (gdzie strzałka jest skierowana odwrotnie – od bazy do emitera). Obszar emitera był silnie domieszkowany, a obszar bazy cienki i słabo domieszkowany.

Na styku obszarów o przewodnościach p i n powstaje tak zwana warstwa zaporowa, w której nośniki z każdego z nich przechodzą na drugą stronę – czyli elektrony z obszaru n przechodzą do obszaru p i odwrotnie. Warstwa ta znacząco utrudnia przepływ prądu i jej właściwości zmieniają się w zależności od kierunku polaryzacji podanego na nią napięcia.

W zależności od punktu pracy tranzystor może znajdować się w czterech stanach:

Stan aktywny, w którym prąd kolektora jest β razy większy od prądu bazy. Tranzystor pracujący w stanie aktywnym może być wykorzystany do budowy układu będącego wzmacniaczem natężenia prądu elektrycznego. Małe zmiany prądu elektrycznego płynącego w obwodzie bazy powodują duże zmiany prądu płynącego w obwodzie kolektora. W zależności od konstrukcji układu można uzyskać wzmocnienie prądu, napięcia lub obu tych wielkości.

Stan nasycenia, w którym prąd bazy jest na tyle duży, że obwód kolektora nie jest w stanie dostarczyć prądu β razy większego. Napięcie kolektor-emiter spada wtedy do niewielkiej wartości.

Stan zatkania (lub odcięcia), w którym złącze baza-emiter nie jest spolaryzowane lub jest spolaryzowane zaporowo. Prąd kolektora spada wtedy do bardzo małej wartości. Przy pracy tranzystora jako przełącznika wykorzystuje się przejście między stanem nasyconym (tranzystor włączony) a zatkanym

Zachowuje się ona jak swobodna cząstka o ładunku dodatnim i jest zdolna do przewodzenia prądu. Mówimy wtedy o przewodnictwie dziurowym lub przewodnictwie typu p (z ang. *positive*, dodatni). Dziury, ze względu na swoją masę efektywną, zwykle większą od masy efektywnej elektronów, mają mniejszą ruchliwość, przez co rezystywność materiałów typu p jest z reguły większa niż materiałów typu n mających ten sam poziom domieszkowania. Typowymi akceptorami dla krzemu są atomy 13. grupy układu okresowego (mniej elektronów na ostatniej powłoce), zwykle bor.

⁹ W niektórych krajach (USA, Związek Radziecki, Niemcy Zachodnie) produkowano również krzemowe tranzystory stopowe.

(tranzystor wyłączony). Taki tryb pracy tranzystora jest stosowany w niektórych układach impulsowych oraz cyfrowych.

Stan inwersyjny, w którym emiter spolaryzowany jest w kierunku zaporowym, a kolektor w kierunku przewodzenia. Wzmocnienie prądowe tranzystora w tym stanie jest niewielkie.

Dla prawidłowej pracy tranzystorów złączowych konieczne jest spolaryzowanie warstwy baza-emiter tak, aby przewodziła ona prąd (czyli w kierunku przewodzenia), a złącza baza-kolektor w kierunku zaporowym. Powoduje to, że tranzystory pnp wymagają podania plusa zasilania na emiter i minusa na kolektor. Tranzystory npn wymagają odwrotnego zasilania. Napięcie baza-emiter wynosi dla tranzystorów germanowych około 0,2 – 0,25 V, a dla krzemowych około 0,6 – 0,7 V i ma kierunek zgodny z napięciem kolektor-emiter. W odróżnieniu od lamp, gdzie natężenie prądu w obwodzie wyjściowym (anodowym) zależało od napięcia na elektrodzie sterującej (czyli siatce) w przypadku tranzystorów złączowych natężenie prądu w obwodzie kolektora zależy od wartości prądu bazy.

Ze względu na sposób włączenia tranzystora do układu można wyróżnić trzy podstawowe układy jego pracy:

– wspólnego emitera (OE, WE) – o największym wzmocnieniu prądowym (napięciowym zależnym od obciążenia) i średnich impedancjach wejściowej i wyjściowej, częstotliwość graniczna jest β -krotnie niższa niż dla wspólnej bazy,

– wspólnej bazy (OB, WB) – o największej częstotliwości granicznej, gdyż we wzmacniaczu nie-odwracającym nie występuje efekt Millera¹⁰; impedancja wejściowa jest niska, a wyjściowa wysoka, wzmocnienie prądowe nieco niższe od jedności, napięciowe jest zależne od obciążenia,

– wspólnego kolektora (OC, WC), nazywanego też wtórnikiem emiterowym, impedancja wejściowa wysoka, wyjściowa niska, wzmocnienie napięciowe nieco niższe od jedności, częstotliwość graniczna zbliżona dla częstotliwości w układzie wspólnego emitera.


W Polsce pierwszymi rodzajami tranzystorów złączowych były tranzystory germanowe pnp¹¹. W niektórych innych krajach (w tym w Czechosłowacji) produkowano również tranzystory germanowe npn. Dopiero po przejściu na technologię krzemową rozpoczęła się w Polsce produkcja tranzystorów npn (pierwszymi produkowanymi seryjnie były tranzystory BF504 – BF506. Złączowe tranzystory stopowe miały stosunkowo niskie częstotliwości graniczne i oprócz układów niskiej częstotliwości mogły pracować co najwyżej z zakresach fal średnich i długich. Tylko nieliczne typu produkcji zachodniej pracowały również na falach krótkich. Dopiero technologie stopowo-dyfuzyjna i dyfuzyjna pozwoliły na szerokie zastosowanie tranzystorów na falach krótkich. Pierwsze typy polskich tranzystorów złączowych nosiły oznaczenia TC11 – TC15. Do 1959 roku wyprodukowano ich kilkanaście tysięcy egzemplarzy, ale nie znalazły one zastosowania przemysłowego. Produkcja na skalę przemysłową została uruchomiona w 1960 roku przez *Tewę*. Były to tranzystory stopowe małej mocy, małej częstotliwości TG1 – TG5 i tranzystor mocy m.cz. TG70 (TG – tranzystor germanowy). TG1 były tranzystorami o najgorszych parametrach, które nie zakwalifikowały się jako coś lepszego. Kolejne typy nosiły oznaczenia TG50 – TG55 – tranzystory m.cz. średniej mocy produkowane od 1961 r.; TG60, TG70 – TG72 tranzystory m.cz. mocy; TG10, TG20 – tranzystory małej mocy, średniej częstotliwości, TG37 – TG40 – tranzystorami w.cz. i p.cz. (częstotliwość graniczna f_T dla TG37 i TG 40 przekraczała 40 MHz, a TG38 i TG39 – 20 MHz) małej mocy itd. Ostrzowe diody małosygnalowe (detekcyjne lub mieszające) nosiły oznaczenia DOG – dioda ostrzowa germanowa. Miały one strukturę złącza pn lub złącza

¹⁰ Efekt Millera – zjawisko w elektronice polegające na wzroście pojemności zastępczej widzianej z zacisków wejściowych wzmacniacza odwracającego w wyniku wzmocnienia pojemności między wejściem i wyjściem tego wzmacniacza. Pojemność wejściową spowodowaną efektem Millera w ogólnym przypadku określa wzór: $C_M = C \cdot (1 - K_u)$, gdzie: C – pojemność w sprzężeniu zwrotnym, K_u – wzmocnienie napięciowe wzmacniacza.

Efekt Millera spowodowany pasożytniczymi pojemnościami między wejściem i wyjściem w elementach elektronicznych takich jak tranzystory czy lampy elektronowe powoduje zmniejszenie wzmocnienia wraz ze wzrostem częstotliwości wzmacnianego sygnału. Został on nazwany po Johnie Miltonie Millerze, który opublikował swoją pracę w 1920.

¹¹ W przemyśle elektronicznym najczęściej stosowanymi materiałami półprzewodnikowymi są pierwiastki grupy 14. (krzem, german) oraz związki pierwiastków grup 13. i 15. (arsenek galu, azotek galu, antymonek indu) lub 12. i 16. (tellurek kadmu). Materiały półprzewodnikowe są wytwarzane w postaci monokryształu, polikryształu lub proszku. Obecnie produkuje się też półprzewodniki organiczne, na ogół wielocykliczne związki aromatyczne, między innymi poli(p-fenyleno-winylen).

metal-półprzewodnik (Schottkiego). Produkowano również krzemowe diody ostrzowe np. polskie DK10. Germanowe diody prostownicze *Tewy* nosiły oznaczenia DZG-1 -7. Dopiero pod koniec lat 1960-tych i na początku 1970-tych weszły w użycie międzynarodowe oznaczenia, w których pierwsza litera oznaczała materiał półprzewodnikowy (A – german, B – krzem, C – arsenek galu itp.), a druga rodzaj zastosowań (C – tranzystor m.cz., F – tranzystor w.cz. małej mocy, $F_T \geq 2,5$ MHz, $R_{th} \geq 15^\circ\text{C/W}$, D – tranzystor mocy m.cz., L – tranzystor mocy w.cz., $F_T \geq 2,5$ MHz, $R_{th} < 15^\circ\text{C/W}$, P – fototranzystor, S – tranzystor impulsowy, przełącznikowy, U – tranzystor mocy przełącznikowy itd.). Litera A na drugiej pozycji oznaczała diody małosygnalowe (detekcyjne, mieszające), B – diody pojemnościowe (waraktory) małej mocy – strojeniowe, E – diody tunelowe, P – fotodiody, R – tyrystory, Y – diody mocy (prostownicze), a Z – diody stabilizacyjne (Zenera). Pierwsza cyfra 3 oznaczała tranzystory stopowe i ostrzowe, 4 – stopowo-dyfuzyjne, a 5 – dyfuzyjne.



TRANZYSTORY PNP

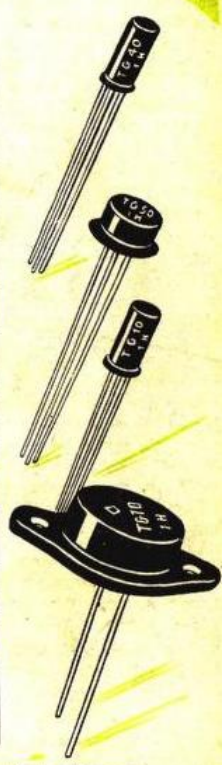
GERMANOWE WARSTWOWE

Tranzystory małej mocy małej częstotliwości					
Typ tranzystora	$-U_{CE\ max}$ V	$-I_{CM\ max}$ mA	P_{max} mW	h_{21e}	F db
TG1	15	50	50	9-20	≤ 30
TG2	15	50	50	20-80	≤ 30
TG4	15	50	50	20-50	≤ 10
TG5	30	50	50	25-80	≤ 15
TG6	30	50	50	25-80	≤ 30

Tranzystory średniej mocy małej częstotliwości					
Typ tranzystora	$-U_{CE\ max}$ V	$-I_{CM\ max}$ mA	P_{max} mW	β $-U_{CE}=6V$ $-I_C=10mA$	β $-U_{CE}=0,7V$ $-I_C=250mA$
TG50	30	250	150	30-120	—
TG52	30	250	150	—	≥ 15
TG53	15	300	175	—	≥ 15


Tranzystory małej mocy średniej częstotliwości					
Typ tranzystora	$-U_{CE\ max}$ V	$-I_{CM\ max}$ mA	P_{max} mW	h_{21e}	f_α MHz
TG10	15	10	50	≥ 20	≥ 3
TG20	15	10	50	≥ 20	≥ 7

Tranzystory dużej mocy małej częstotliwości					
Typ tranzystora	$-U_{CE\ max}$ V	$-I_{CM\ max}$ A	P_{max} W	β $-U_{CE}=7V$ $-I_C=0,3A$	β $-U_{CE}=1V$ $-I_C=3A$
TG70	30	3	5	16-90	$\geq 6,5$



Cena	TG1	TG2	TG4	TG5	TG6	TG10	TG20
det. zł.	24.-	29.-	49.-	49.-	38.-	72.-	81.-

TG50	TG52	TG53	TG70
59.-	59.-	52.-	240.-



FABRYKA TRANZYSTORÓW

TEWA

Warszawa, ul. Nowowolaska 5, tel. 4-66-88

Rys. 4.1. Parametry tranzystorów *Tewy* z 1960 roku (źródło RA 10/1960). Dla porównania montowane w *Kolibrach*, *Czarach* i nie tylko tranzystory OC44 miały częstotliwość graniczną 7,5 – 30 MHz, a OC45 – 3 – 12 MHz. OC44 pracowały tam w stopniu przemiany częstotliwości, a OC45 we wzmacniaczu p.cz.

Pierwszym na świecie produktem zawierającym tranzystory dostępnym w zastosowaniu komercyjnym był średniofalowy radiodbiornik tranzystorowy *Regency TR-1*, który pojawił się w handlu w październiku 1954. W radiodbiorniku zastosowano sześć tranzystorów germanowych.

Pierwszymi polskimi radiodbiornikami tranzystorowymi – również na tranzystorach germanowych – były MOT-59 *Eltra* i MOT-601 *Kolibier* produkcji bydgoskiej *Eltry*. Pojawiły się one odpowiednio w latach 1959 i 1960. Ich zakresy odbioru obejmowały fale średnie i długie (lub przynajmniej częstotliwość pierwszego programu na falach długich – wówczas 227 kHz, obecnie 225 kHz). Początkowo montowane były w nich tranzystory importowane, a później częściowo krajowe. Warszawskie Zakłady Radiowe im. Kasprzaka rozpoczęły w 1960 r. produkcję dwuzakresowego odbiornika *Czar*. Pierwszym komercyjnym urządzeniem tranzystorowym w Polsce był aparat słuchowy AS-571 na czterech tranzystorach *Philipsa* produkowany w *Omigu* od 1957 roku. Pierwszym polskim odbiornikiem radiowym z zakresem fal krótkich był *Guliwer 2* z roku 1967, a pierwszymi odbiornikami z zakresem UKF *Izabella* i *Ewa* z roku 1969 (w głowicach UKF początkowo montowano tranzystory importowane z NRD).

W 1964 roku w zakładach *Elwro* we Wrocławiu uruchomiono produkcję komputera *Odra 1003* opartej na polskich elementach półprzewodnikowych: diodach germanowych oraz tranzystorach TG2 i TG70, a w 1966 roku *Odra 1013* na takich samych elementach półprzewodnikowych. Ogółem wyprodukowano 42 egzemplarze pierwszego i 84 egzemplarze drugiego typu. Następcą była *Odra 1103*.

Tranzystory polowe posiadają natomiast kanał o przewodnictwie n lub p łączący źródło i dren (elektrodę wyjściową) tranzystora i bramkę sterującą przepływem prądu przez kanał. W tranzystorach polowych złączowych (JFET) obszar bramki w kryształach tranzystora ma przewodnictwo przeciwne niż kanał, tak że na ich styku powstaje spolaryzowane zaporowo złącze p-n o grubości zależnej od napięcia bramki. Prąd w obwodzie wyjściowym – drenu – jest sterowany napięciowo jak w przypadku lamp elektronowych. Podobnie jak dla lamp jednym z najważniejszych parametrów jest więc nachylenie charakterystyki podawane w mA/V.

W drugim rodzaju tranzystorów polowych – tranzystorach z izolowaną bramką (MOSFET) – bramkę stanowi warstwa metalu naniesiona na izolującą ją warstwę dwutlenku krzemu. Przepływem prądu w kanale steruje pole elektryczne wokół bramki. Tranzystory te są więc również elementami o sterowaniu napięciowym, tak jak lampy elektronowe.

W przypadku podziału bramki na dwie izolowane od siebie części otrzymuje się tranzystory dwubramkowe (tetrody półprzewodnikowe), których funkcja odpowiada kaskodowemu połączeniu dwóch tranzystorów. Podobnie jak lampy o dwóch siatkach sterujących (heksody, heptody) mogą one pracować w stopniach mieszaczy. Napięcie stałe na drugiej bramce może też sterować wzmocnieniem stopnia – przykładowo w obwodach automatycznej regulacji wzmocnienia – ARW. Tranzystory polowe charakteryzują się wysokimi częstotliwościami granicznymi.

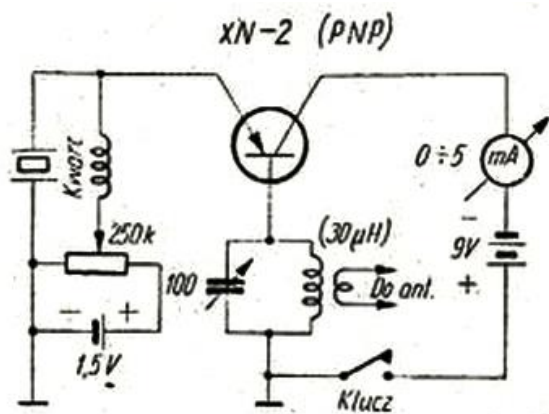
4.1. Nadajniki eksperymentalne

4.1.1. Telegraficzne nadajniki jednotranzystorowe

W numerze 7/1957 *Radioamatora (RA)* przytoczono rozwiązania prostych jednotranzystorowych nadajników na fale krótkie. Pierwszy z nich pochodzi z numeru 10/1955 QST. Sterowany kwarcem nadajnik opracowany przez W7UUZ pracował w paśmie 3,5 MHz na tranzystorach pnp XN-2. Tranzystory te według danych fabrycznych były przeznaczone do pracy we wzmacniaczach p.cz. 455 kHz, ale dobrze zachowywały się jeszcze w paśmie 3,5 MHz. Według danych konstruktora moc wyjściowa wynosiła 2,5 mW. Nawiązano na nim łączność telegraficzną na odległość 200 mil (ponad 300 km) z raportem 459.

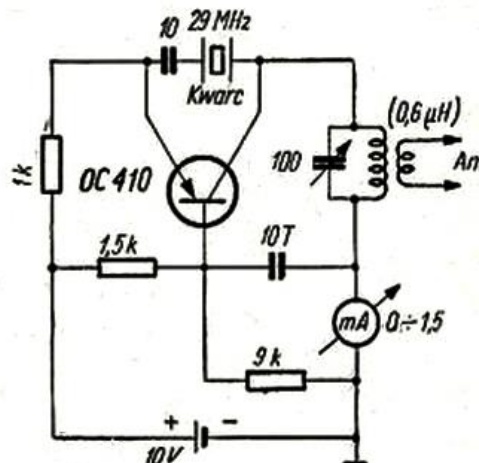
W trakcie eksperymentów DJ1ZG przekonał się, że wiele ówczesnych typów tranzystorów pracowało na częstotliwościach ponad dwukrotnie wyższych od podawanych w katalogach. Rozpoczynając próby od konstrukcji nadajników na pasmo 3,5 MHz doszedł do konstrukcji sterowanego kwarcem nadajnika

telegraficznego na pasmo 29 MHz. Opisany w DL-QTC 3/1957 nadajnik na tranzystorze OC410 miał moc wyjściową 0,2 mW, z czego podobno połowa traciła się w obwodzie dopasowania anteny. Dla OC410 wytwórnia podawała częstotliwość graniczną 15 MHz. Opisy te miały dla polskich czytelników raczej znaczenie informacyjne ponieważ w kraju nie produkowano jeszcze tranzystorów o takich częstotliwościach granicznych, a zdobycie podzespołów zachodnich było bardzo trudne jeśli nie praktycznie niemożliwe. Opisy zamieścił SP5BR.



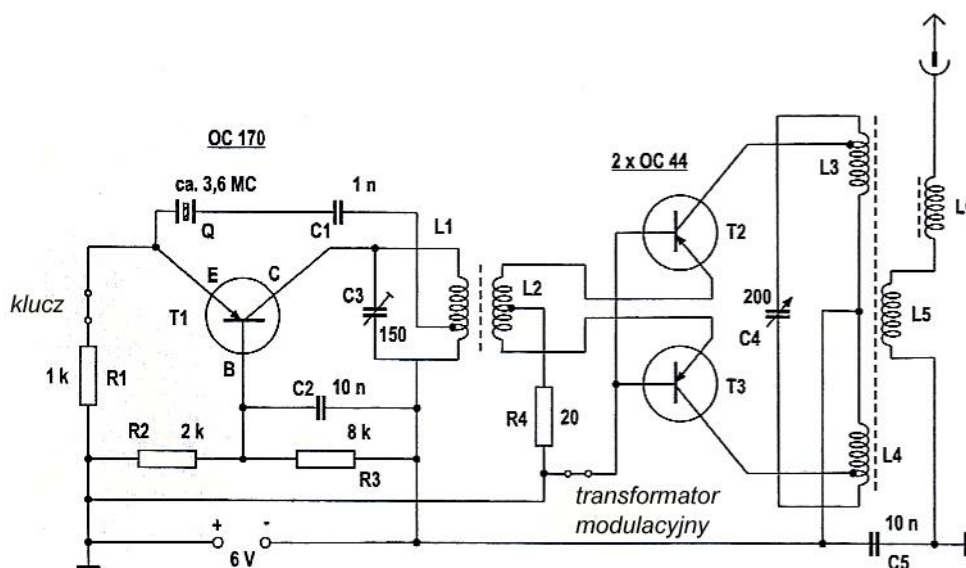
Rys. 1. Schemat eksperymentalnego nadajnika tranzystorowego W7UUZ na pasmo 3,5 MHz

Rys. 4.1.1.1. Nadajnik na pasmo 3,5 MHz



Rys. 2. Schemat eksperymentalnego nadajnika tranzystorowego DJ12G na 29 MHz

Rys. 4.1.1.2. Nadajnik DJ12G na pasmo 29 MHz

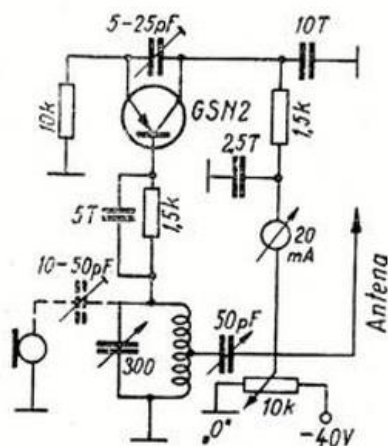


Rys. 4.1.1.3. Telegraficzno-foniczny nadajnik DJ5IU z 1959 roku (źródło CQDL 1/2012)

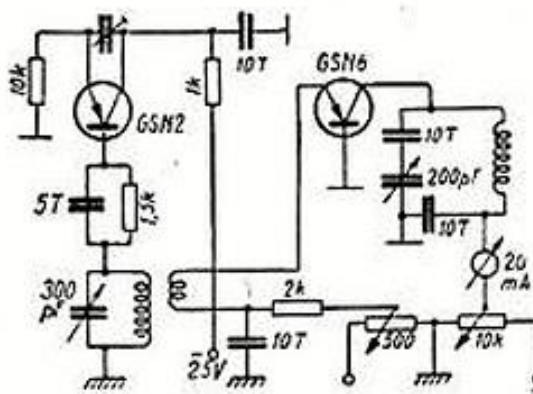
Schemat telegraficzno-fonicznego (AM) nadajnika z końcowym stopniem przeciwsobnym z 1959 roku (rys. 4.1.1.3) pochodzi z CQDL 1/2012 a oryginalnie z DL-QTC 8/1959. Nadajnik pracował w paśmie 80 m. Modulator AM zawierał tranzystory OC70, OC71 i OC72. Krótkofalowcy niemieccy eksperymentowali z łącznościami nawiązanymi za pomocą prostych nadajników tego rodzaju od 1954 roku. Oprócz pasma 80 m prowadzone były też próby w paśmie 160 m. Moce wyjściowe wynosiły w wielu wypadkach najwyżej kilkanaście mW, a niektóre nadajniki osiągały tylko moce rzędu 1 mW.

4.1.2. Foniczne nadajniki jednotranzystorowe

Opis nadajników na tranzystorach punktowych (ostrzowych) pochodzi z numeru 7/1955 *Radioamatora* i był doniesieniem z prasy zagranicznej. Zastosowane tam tranzystory punktowe pracowały jako oscylatory zadowalająco na częstotliwościach do 10 MHz, a według autora artykułu nawet do 300 MHz, ale z mocą 0,1 mW. Układ z rysunku 4.1.2.1 był jednostopniowym nadajnikiem telegraficznym pracującym w pasmach 3,5 i 7 MHz i kluczowanym w obwodzie kolektora. Najkorzystniejsze warunki oscylacji dobierano za pomocą trymera włączanego między emiter i kolektor tranzystora. Do pracy na fonii z modulacją częstotliwości należało włączyć mikrofon węglowy poprzez mały kondensator równoległe do obwodu rezonansowego. Mikrofon można było włączyć także w obwód cewki sprzężonej z obwodem rezonansowym. Trzecią możliwością było włączenie mikrofonu przez transformator do obwodu kolektora. Zmiana napięcia kolektora z 20 na 25 woltów powodowała dewiację częstotliwości o 20 kHz. Moc wyjściowa nadajnika wynosiła w przybliżeniu 1 mW i umożliwiał on połączenia na odległość do 3 – 4 km.



Rys. 34

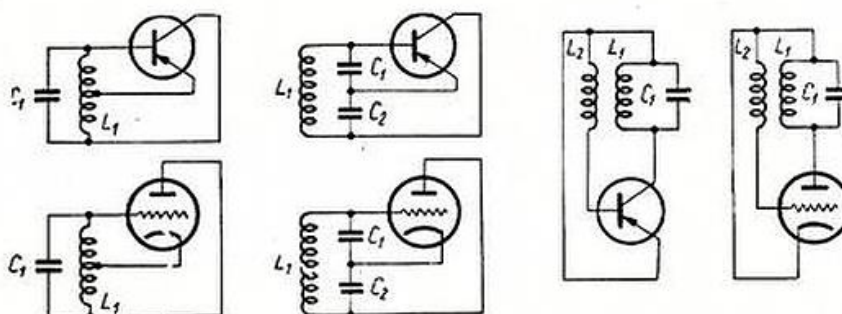


Rys. 35

Rys. 4.1.2.1. Schemat ideowy nadajnika KF o mocy 1 mW
 Rys. 4.1.2.2. Schemat ideowy dwustopniowego nadajnika KF

Dwustopniowy nadajnik z rys. 4.1.2.2 składał się z generatora stopnia mocy. W obwodzie bazy można było zamiast kondensatora 5000 pF włączyć kwarc. Na wyjściu otrzymywano kilkadziesiąt do 200 mW mocy. Na prostych antenach dało się uzyskać zasięgi do 10 km.

4.1.3. Miniaturowe nadajniki foniczne

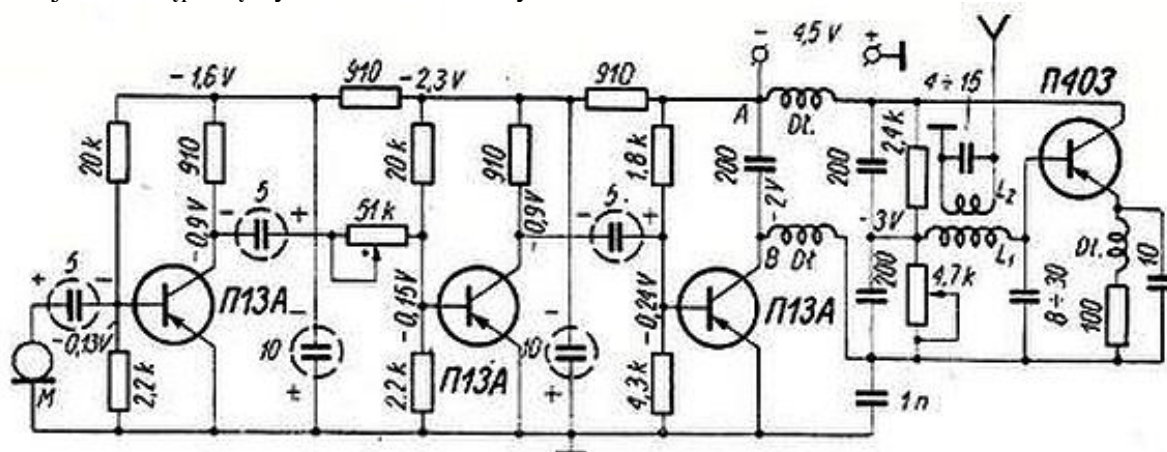


Rys. 1. Teoretyczne układy generatorów lampowych i analogicznych generatorów tranzystorowych

Rys. 4.1.3.1. Od lewej do prawej układy Hartleya, Colpittsa i Meissnera. Układ Clappa odpowiadał układowi Colpittsa, z tym że w szereg z cewką włączony był kondensator zmienny – co ułatwiało przestrajanie. Na schematach dla uproszczenia pominięto obwody zasilania

Schematy nadajników zostały opublikowane w numerze 11/1960 *Radioamatora (RA)*. Opisy pochodziły z radzieckiego miesięcznika *Radio* z 1959 roku. Były one przeznaczone do łączności dyspozycyjnej, przeprowadzania reportażu radiowych itp. Zastosowano w nich tranzystory dyfuzyjne produkcji radzieckiej o częstotliwościach granicznych P401 30 MHz, P402 – 60 MHz i P403 – 120 MHz. Konstruując generatory tranzystorowe należało pamiętać, że pojemności międzyelektrodowe tranzystora zależą od przykładowych napięć.

Nadajnik AM z rys. 4.1.3.2 składał się z trzystopniowego wzmacniacza m.cz. pełniącego funkcję modulatora i generatora w.cz. na dowolne pasmo amatorskie do 30 MHz włącznie. W generatorze mógł pracować dowolny z trzech wymienionych typów tranzystorów, ale ze względu na stabilność pracy i uzyskanie dostatecznej mocy zalecane były tranzystory P402 lub P403. Generator pracował w układzie trzypunktowym z pojemnościowym sprzężeniem zwrotnym. Dzielnik napięcia składający się z opornika 2,4 k Ω i potencjometru 4,7 k Ω służył do wyeliminowania niepożądanej modulacji częstotliwości. Dławiki w.cz. powinny mieć indukcyjność około 50 μ H. Mogły składać się z 50 – 60 zwojów drutu 0,1 mm nawiniętych jednowarstwowo na rurce o średnicy 5 mm. Cewki L1 i L2 były nawinięte na wspólnym korpusie o średnicy 10 mm drutem 0,35 mm. Cewka L1 miała 8 zwojów a L2 – 6 zwojów. Odstęp między środkami cewek wynosił 8 – 10 mm.



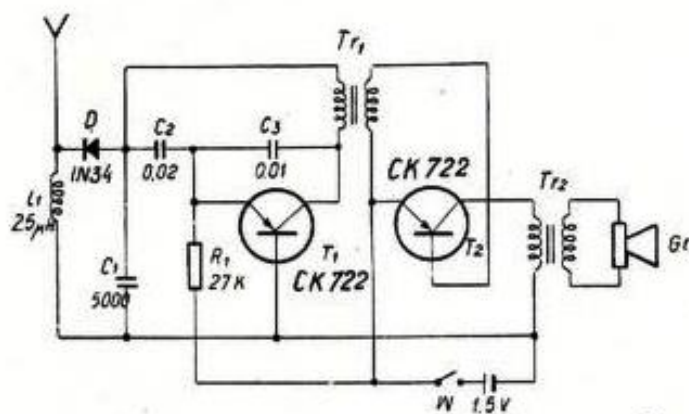
Rys. 2. Schemat tranzystorowego nadajnika AM

Rys. 4.1.3.2. Schemat nadajnika AM

Dzielnik w ostatnim stopniu modulatora (1,8 i 4,3 k Ω) należało dobrać tak, aby napięcie między punktami A i B było równe połowie napięcia zasilającego czyli ok. -2 V bez modulacji. Regulacje na minimum szkodliwej modulacji częstotliwości należało przeprowadzić za pomocą falomierza. Zmiana napięcia między punktami A i B od -0,5 V do -4 V nie powinna spowodować odchyłek częstotliwości przekraczających 1 – 2 kHz. Obwód antenowy z przyłączoną anteną należało dostroić do rezonansu. Antena mogła być wykonana z odcinka drutu o długości $\frac{1}{4}$ fali. Moc wypromieniowana przez nadajnik wynosiła około 5 mW. Nadajnik był zasilany z baterii płaskiej 4,5 V, a pobór prądu nie przekraczał 20 mA. Uzyskiwano modulację o głębokości do 60% przy napięciu z mikrofonu wynoszącym część miliwolta. Oporność wejściowa modulatora wynosiła 500 Ω . Za pomocą odbiornika o czułości 30 μ V nadajnik mógł być odbierany w odległości 500 m. Przy użyciu tranzystora P403 nadajnik mógł pracować na częstotliwościach 120 MHz po wymianie cewek.

Schemat nadajnika z modulacją częstotliwości przedstawiono na ilustracji 4.1.3.3. Napięcie modulujące z trzystopniowego wzmacniacza m.cz. było doprowadzone do bazy tranzystora generatora. Dla uzyskania dostatecznej modulacji (dewiacji 200 kHz) zmiany napięcia na bazie powinny być wynosić $\pm 0,1 - 0,15$ V. Pobór prądu przez generator wynosił 12 mA, a przez cały nadajnik 18 mA. Napięcie na kolektorze ostatniego stopnia modulatora powinno było wynosić ok. 3,7 V. Niektóre egzemplarze tranzystorów P403 pracowały dobrze do częstotliwości 150 MHz co pozwalało na budowę nadajnika na pasmo 144 – 146 MHz. Cewka L1 składała się wówczas z jednego zwoju o średnicy 5 mm. Zalecane

tor, a obwód rezonansowy w emiterze trymer o niewielkiej pojemności – na schemacie narysowany linią przerywaną – i ustawić reakcję powyżej progu wzbudzenia. Trzeci stopień był detektorem i wzmacniaczem m.cz. Wszystkie trzy stopnie pracowały w układzie wspólnej bazy gdyż w przypadku ówczesnych tranzystorów ostrzowych wzmocnienie w układzie wspólnego emitera było bardzo niskie. W literaturze podawano nawet jako niższe od jedności. Przy 18 V zasilania odbiornik pobierał 1,5 mA.



Rys. 4.2.1.2. Odbiornik kontrolny radiostacji krótkofalowej

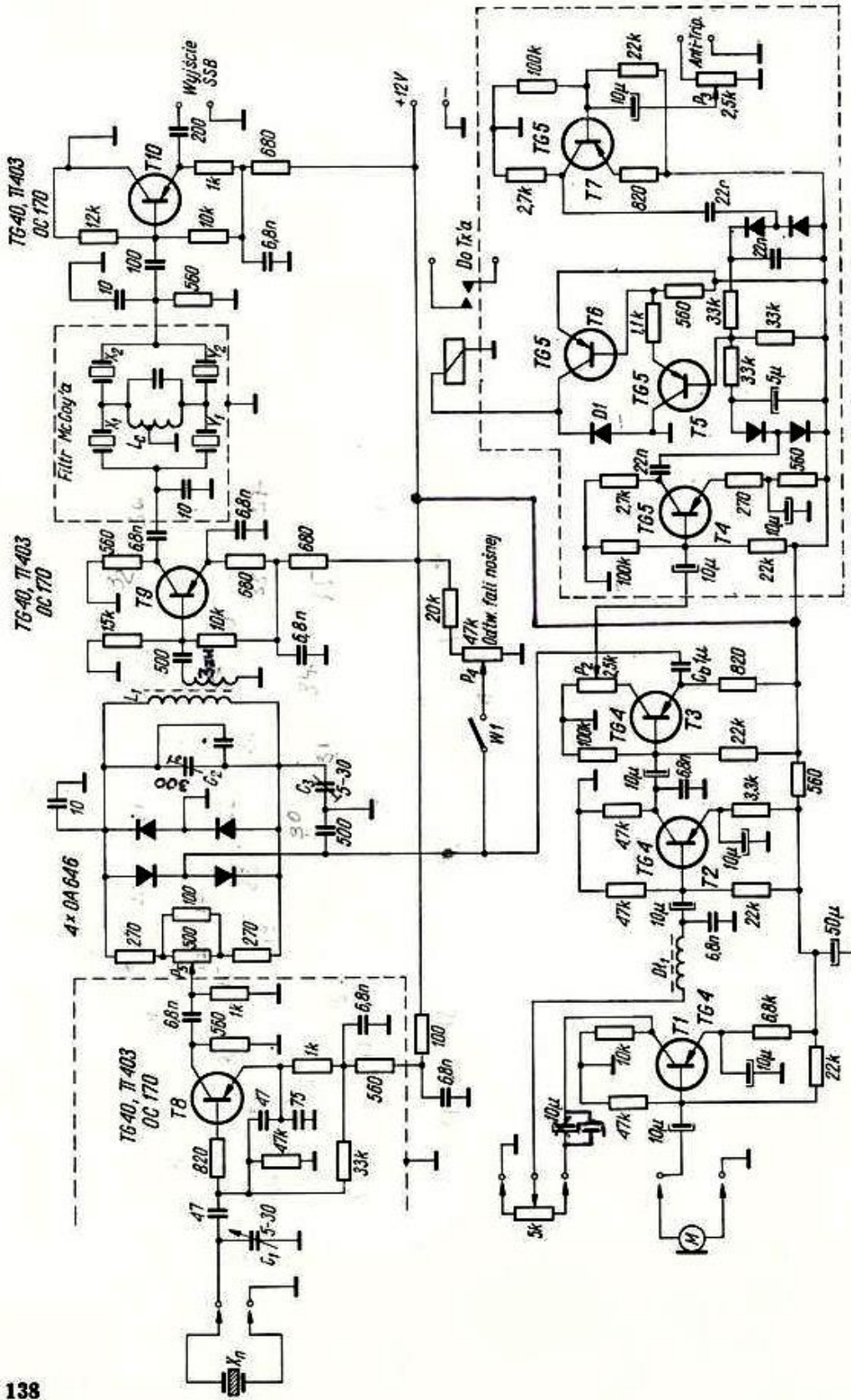
Układ odbiornika detektorowego z dwoma stopniami m.cz. został opisany jako doniesienie z prasy amerykańskiej w numerze 7/1961 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego*. Transformator Tr1 jest zarówno elementem sprzęgającym stopnie jak i transformatorem generatora dudnieniowego. Oporność jego uzwojenia pierwotnego wynosiła 20 Ω , a wtórnego 400 – 800 Ω . Wielkość i miejsce zainstalowania anteny należało dobrać tak, aby odbiornik otrzymywał dostateczny sygnał.

4.3. Nadajniki amatorskie

4.3.1. Tranzystorowa wzbudnica SSB z metodą filtrową

Wzbudnica konstrukcji Eugeniusza Wołoszczuka, SP8BJI, została opisana w numerze 6/1967 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego*. Wzbudnica pracowała w zakresie 4 – 9 MHz. W zależności od częstotliwości kwarcu w generatorze nośnej dawała sygnał SSB o górnej lub dolnej wstędze (kwarcy mogły być też przełączane). Oprócz tego możliwa była praca telegraficzna. Czulość wzmacniacza m.cz. 0,3 mV przy pełnymysterowaniu. Pasma przenoszenia na poziomie -6 dB – 300 Hz – 3 kHz. Tłumienie niepożądanego wstęgi bocznej (przy modulacji 1 kHz) około 45 dB dla filtru 4-kwarcowego i około 60 dB dla filtru 6-kwarcowego. Przy prawidłowo dobranych diodach kwartetu tłumienie nośnej wynosiło około 60 dB. Napięcie wyjściowe było równe 0,25 V na 50 Ω . Zasilanie 11 – 13,5 V (trzy baterie płaskie).

Tranzystor T1 pracował jako wzmacniacz mikrofonowy. Jego sygnał wyjściowy był doprowadzony do wzmacniacza na tranzystorze T2, a na wyjściu znajdował się wtórnik emiterowy na T3. Zapewniał on dopasowanie do niskiej oporności modulatora kołowego. Modulator kołowy pracował na czterech diodach wybranych z wielu par OAA-646. Diody krajowe dostępne w tym czasie zachowywały się niestabilnie w funkcji temperatury i czasu. Tranzystor T8 pracował jako generator fali nośnej stabilizowanej kwarcem. Był on umieszczony w pudełku ekranującym. Z kolektora T8 sygnał był doprowadzony do potencjometru 500 Ω służącego do zrównoważenia modulatora. Sygnał DSB (bez fali nośnej) był podawany na tranzystor T9 i z niego po wzmocnieniu na filtr Mc Coya. Ne jego wyjściu otrzymywany był jednowstęgowy sygnał SSB. Na wyjściu filtru znajdował się wtórnik emiterowy na tranzystorze T10. Sygnał z emitera T10 wystarczał doysterowania mieszacza lampowego np. na EF184.



Rys. 2. Schemat ideowy tranzystorowej wzbudnicy SSB

Rys. 4.3.1.1. Schemat ideowy wzbudnicy

Tranzystor T4 pracował jako wzmacniacz układu automatycznego kluczowania nadajnika (VOX-u). Z jego kolektora sygnał podawany był na prostownik diodowy, a napięcie stałe z prostownika steruje

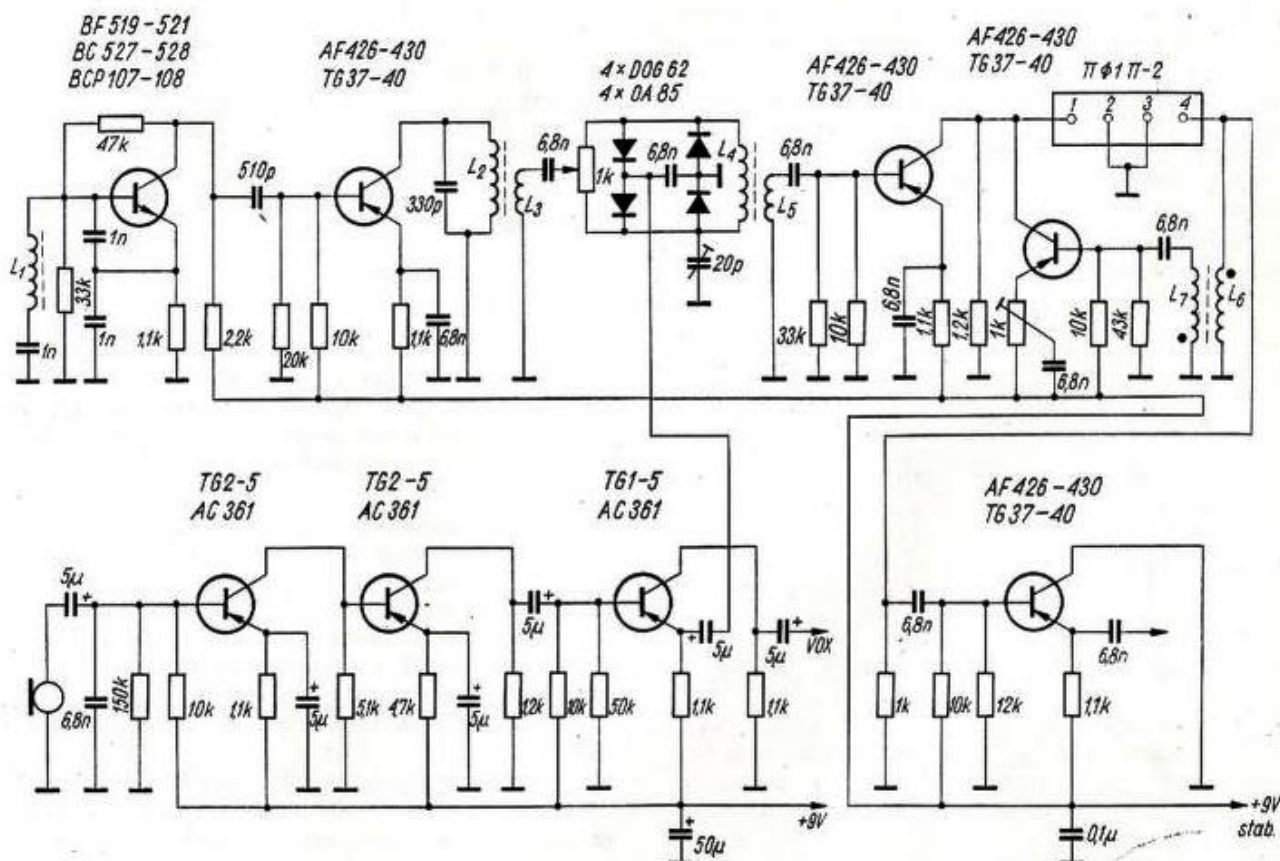
bazę T5 – wzmacniacza prądu stałego. T6 był tranzystorem wykonawczym sterującym przekaźnik polaryzowany typu TrLs-64a. T7 pracował jako wzmacniacz AntyVOX-a – układu zapobiegającego włączeniu nadajnika pod wpływem sygnału odbieranego pochodzącego z głośnika. Na jego wejście doprowadzony był sygnał z głośnika o oporności około 5 Ω . Po wzmacnieniu sygnał ten był prostowany przez drugą parę diod i miał odwrotną polaryzację od sygnału VOX-a. Oba układy można było pominąć i włączać nadawanie ręcznie.

We wzbudnicy zastosowane były kwarcy typu 10-RT pochodzące z demobilu. Częstotliwości kwarców nie powinny były różnić się od siebie o więcej niż 500 Hz (im bliższe tym były lepsze). Kwarcy z natryskanymi elektrodami nadawały się do obróbki przez jodowanie, a nie przez szlifowanie jak to przedstawiono dla innych rodzajów rezonatorów w jednym z poprzednich opisów. Jodowanie w odróżnieniu od jeszcze innej metody – grafitowania – nie obniżało dobroci kwarców.

Jodowanie polegało na tym, że do wkraplacza wprowadzone było ziarenko czystego jodu – nabytego w aptece i naciskając gumkę wkraplacza nadmuchiwało pary jodu na powierzchnię płytki kwarcowej. W trakcie jodowania elektroda srebrna pokrywała się warstwą w kolorze fioletowym, a częstotliwość drgań ulegała obniżeniu. Częstotliwość obrabianego kwarcu należało mierzyć włączającego go do generatora próbnego. Kwarc przeznaczony do pracy w generatorze fali nośnej należało jodować tak, aby jego częstotliwość różniła się od pozostałych o 2300 Hz, żeby częstotliwość nośnej znajdowała się na zboczach charakterystyki filtru.

Diody do modulatora kołowego były dobierane przez pomiar prądu przy napięciach 0,5, 1 i 1,5 V.

4.3.2. Wzбудnica SSB z filtrem piezoceramicznym

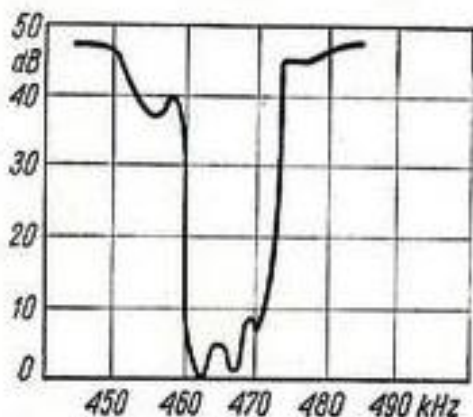


Rys. 1. Schemat ideowy wzbudnicy

Rys. 4.3.2.1

Opracowanie Krzysztofa Dąbrowskiego (od 1972 r. SP5GBK, od 1978 r. OE1KDA) zostało opublikowane w numerze 9/1972 *RiK*, a następnie w poz. [5]. Zamiast drogich i trudno wówczas dostępnych filtrów kwarcowych lub nawet pojedynczych kwarców, które można było użyć do budowy filtru zastosowano piezoceramiczny filtr p.cz. typu PF1P2 od odbiorników radiowych produkcji radzieckiej

„Meridian” lub „Sport-2”. Filtr o częstotliwości środkowej 465 kHz miał charakterystykę przenoszenia dostosowaną do potrzeb sygnału AM. Dla zwiększenia stromości zboczy zastosowano mnożnik dobroci. Był to stopień sprzężenia zwrotnego połączony równolegle z filtrem od jego wyjścia do wejścia. Układy takie były stosowane w konstrukcjach odbiorników amatorskich dla poprawy selektywności obwodów rezonansowych LC.

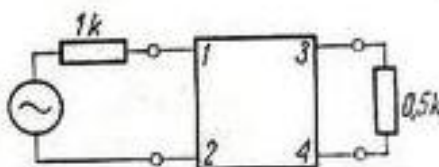


Rys. 2. Charakterystyka filtra z mnożnikiem dobroci przy środkowym położeniu regulatora

Rys. 4.3.2.2

Z powodu braku możliwości nabycia pasującego rezonatora piezoceramicznego zastosowano samowzbudny generator fali nośnej, ale dla zapewnienia większej stabilności pracował on na (krajowym) tranzystorze krzemowym. Za nim następował separator izolujący generator od wpływu zmiennego oporu modulatora zrównoważonego. W modulatorze zrównoważonym pracowały dwie pary diod germanowych z dyskryminatorów fonii odbiorników telewizyjnych. Można było także dobrać diody mierząc ich prąd przewodzenia w dwóch lub trzech punktach (dla dwóch lub trzech napięć) jak to omówiono powyżej.

Szerokość pasma filtra p.cz. jest zbyt duża jak na potrzeby emisji SSB więc konieczne było ograniczenie pasma sygnału m.cz. za pomocą prostego filtra RC lub LC. Charakterystykę przenoszenia filtra z mnożnikiem dobroci dla środkowego położenia regulatora przedstawia ilustracja 3.3.6.2.



Rys. 3. Zalecany fabrycznie układ pracy filtra

Rys. 4.3.2.3

DANE CEWEK WZBUDNICZY

L_1 — 282 zw. Cu em. \varnothing 0,1÷0,2 mm na korpusie \varnothing 7 z rdzeniem ferrytowym

L_2 — 282 zw. Cu em. \varnothing 0,1÷0,2 mm na korpusie \varnothing 7 z rdzeniem ferrytowym

L_3 — 55 zw. Cu em. \varnothing 0,1÷0,2 mm na korpusie \varnothing 7 z rdzeniem ferrytowym

L_4 — 30 zw. Cu em. \varnothing 0,1÷0,2 mm na korpusie \varnothing 7 z rdzeniem ferrytowym

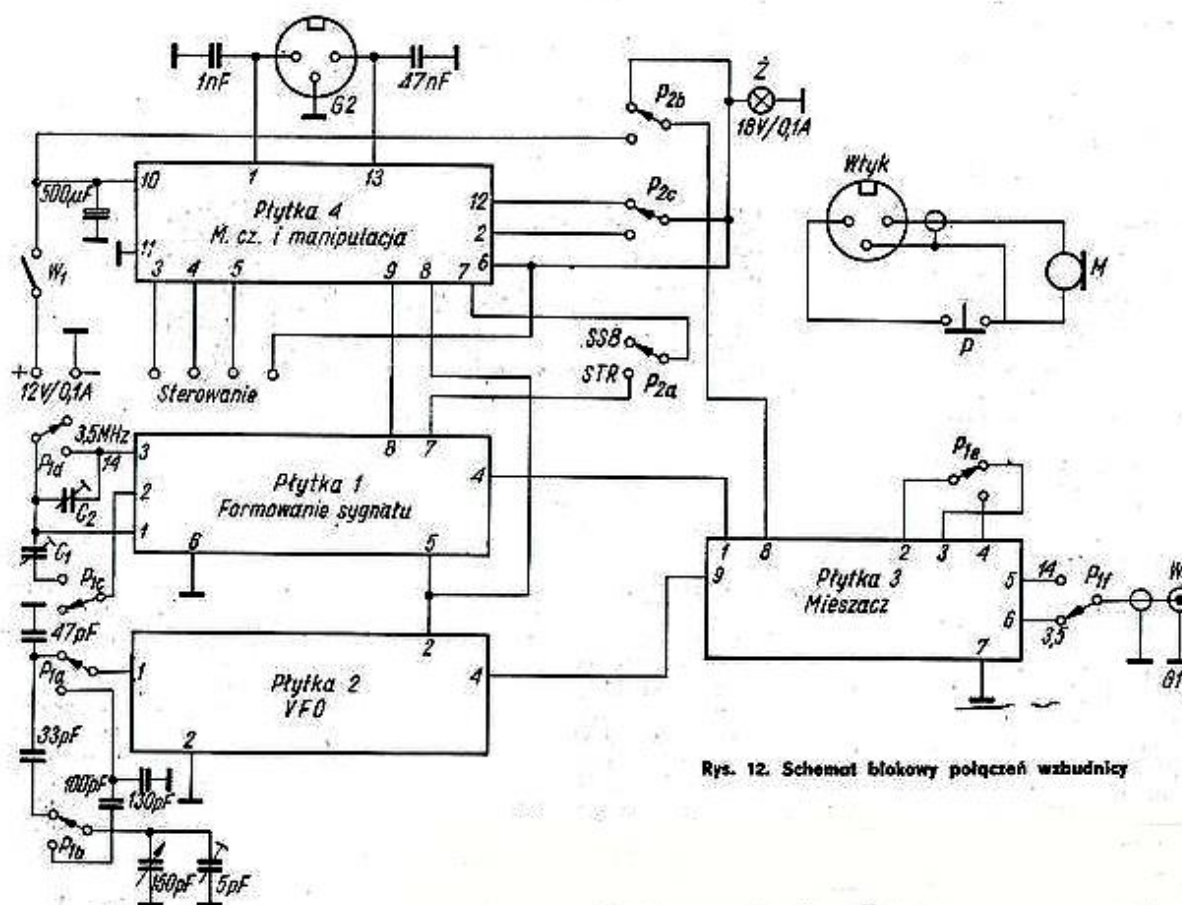
L_5 — 20 zw. Cu em. \varnothing 0,1÷0,2 mm na korpusie \varnothing 7 z rdzeniem ferrytowym

L_6, L_7 — 100 zw. Cu em. \varnothing 0,1÷0,2 mm na korpusie \varnothing 7 z rdzeniem ferrytowym.

Rys. 4.3.2.4

4.3.3. Tranzystorowa wzбудnica SSB na pasma 3,5 i 14 MHz

Opracowana przez Wiktora Chojnackiego SP5QU dwupasmowa wzbudnica tranzystorowa została opublikowana w numerze 1/1972 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego*¹². Składała się z czterech przedstawionych poniżej płytek. Układ formowania sygnału SSB z czterokwarcowym filtrem Mc Coya pracował na częstotliwości 9,611 MHz. Możliwa była praca emisją SSB na pasmach 3,5 i 14 MHz z właściwą wstęgą, a praca telegraficzna wymagała drobnej modyfikacji. Generator VFO pokrywał pełne pasma amatorskie łącznie z częścią telegraficzną. Jej napięcie wyjściowe wynosiło 3 V co wystarczało doysterowania lampowego stopnia sterującego nadajnika. Tłumienie niepożądanego wstęgi bocznej przekraczało 40 dB, a tłumienie fali nośnej 50 dB. Wzbudnica była przystosowana do współpracy z mikrofonem dynamicznym. Do celów strojenia anteny lub pomiarów była ona też wyposażona w generator m.c. 1000 Hz. Napięcie zasilania wynosiło 12 V, a pobór prądu nie przekraczał 100 mA.

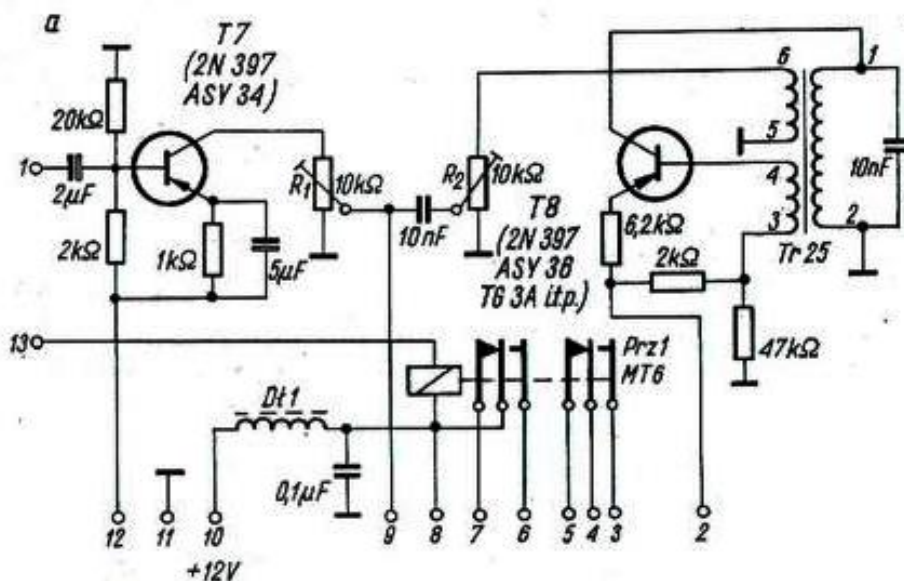


Rys. 12. Schemat blokowy połączeń wzbudnicy

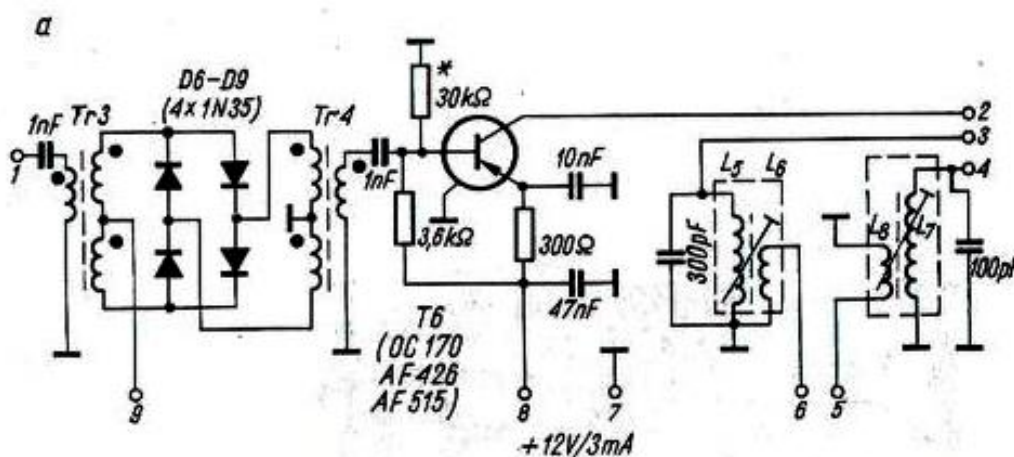
Rys. 4.3.3.1. Schemat połączenia modułów

¹² Wiktor Chojnacki SP5QU (1933 – 1985). Ur. w Warszawie, radioamatorstwem zaczął zajmować się w czasie okupacji. Po wojnie absolwent Technikum Mechaniczno-Teletechnicznego przy Zakładach Radiowych im. Kasprzaka. W latach 1950 – 1958 członek Warszawskiego Radioklubu Ligi Przyjaciół Żołnierza. Znak SP5QU od 1958 r. Członek PZK do końca życia, współzałożyciel Warszawskiego Klubu Krótkofalowców PZK, gdzie aktywnie działał. Współpracował z miesięcznikiem *Radioamator i Krótkofalowiec polski*. Wkład w wyposażenie GPR-u w skonstruowane z SP5FM radiotelefony „Klimek” i „Wawa”. Redaktor działu UKF w *Biuletynie PZK*. Aktywny w paśmie 144 MHz, uczestniczył w wielu liczących się zawodach. Był autorem wielu artykułów w prasie krótkofalarskiej oraz książek *Układy nadawcze i odbiorcze dla krótkofalowców* (Wkił 1979), *Instalowanie i wyposażenie radiostacji amatorskich* (Wkił 1985), *Pracownia krótkofalarska* (Wkił I – 1981, II – 1986), *Amatorska łączność radiotelefoniczna FM w paśmie 144 MHz* (PZK 1983). Był autorem kilku rozdziałów w *Informatorze Krótkofalowca*. Odznaczony m.in. Złotym Krzyżem Zasługi i Honorową Odznaką PZK.

We wzбудnicy zastosowano czterodiodowy mieszacz podwójnie zrównoważony (diody mieszacza można było dobrać nawet tylko jednopunktowo). Dobrze sprawdziły się wówczas diody 19P1, 1N35, SFD108 lub krajowe AAY37. Transformatory różnicowe były nawinięte na rdzeniach pierścieniowych o średnicach zewnętrznych 10 – 15 mm i miały po 10 zwojów drutu 0,3 mm w emalii i w bawełnie nawiniętego tryfilarnie. Opisany modulator mógł służyć także jako detektor iloczynowy w odbiorniku. Pierwsza płytką zawierała generator fali nośnej z tranzystorem T1, drugi stopień wzmacnienia m.cz. na tranzystorze T2, modulator zrównoważony, filtr kwarcowy oraz wzmacniacz wyjściowy SSB na tranzystorze T3. Cewka L1 była nawinięta na rdzeniu pierścieniowym, takim samym jak w transformatorach mieszacza. Po filtrze następowało wzmacnienie sygnału na tranzystorze T3 w klasie A. Płytką drugą zawierała VFO w układzie Clappa na tranzystorze T4 z uziemionym kolektorem. Stopień separujący na tranzystorze T5 pracował z uziemionym emiterem.



Rys. 4.3.3.2. Schemat płytki 4

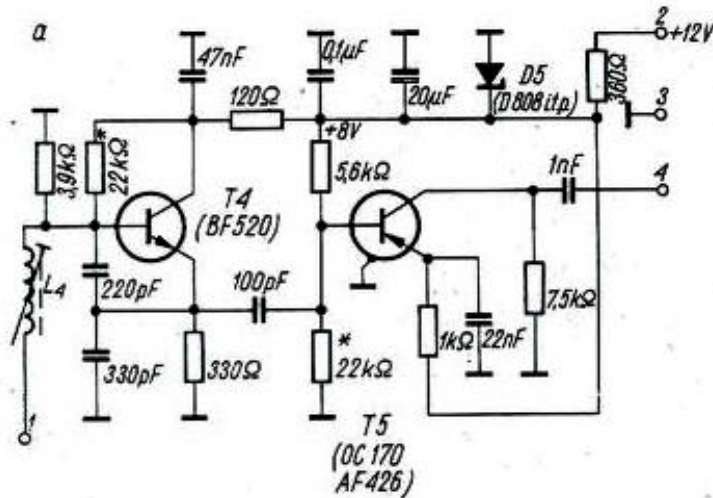


Rys. 4.3.3.3. Schemat płytki 3

Na płytce trzeciej znajdował się mieszacz (identyczny jak modulator) i wzmacniacz wyjściowy wzbudnicy. Wyjście mieszacza jest dołączone bezpośrednio do bazy wzmacniacza końcowego na tranzystorze T6. Jego obciążenie stanowił przełączany obwód rezonansowy 3,5 lub 14 MHz. Obwody były zestrojone na środki pasm. Po dodaniu kondensatora zmiennego 50 pF możliwe było ich przestrajanie w ramach pasm.

Ostatnim zespołem wzbudnicy była płytką 4 – wzmacniacz m.cz., generator akustyczny i układ manipulacji. Tranzystor T7 był pierwszym stopniem m.cz. toru modulacyjnego. Generator akustyczny

pracował w układzie Meissnera na tranzystorze T8. Przełącznik Prz1 był sterowany przyciskiem nadawania.

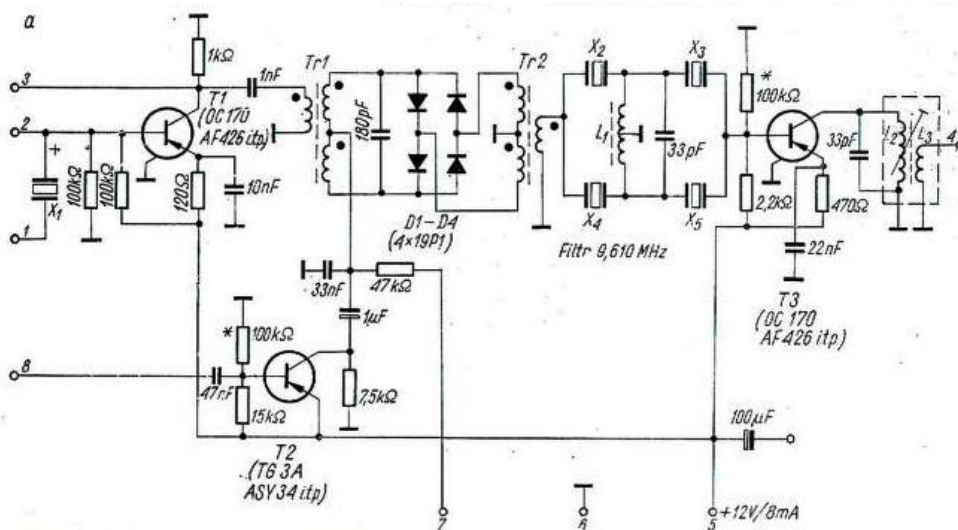


Rys. 4.3.3.4. Schemat płytki 2

DANE CEWEK WZBUDNICY

- L_1 — 2×5 zwojów drutu \varnothing 0,3 mm, emalia, bawełna na rdzeniu toroidalnym jak Tr1÷Tr4
- L_2 — 40 zwojów drutu j.w. na korpusie „Rytm” bez kubków ferrytowych
- L_3 — 7 zwojów drutu j.w. na cewce L_2
- L_4 — 30 zwojów drutu \varnothing 0,4 mm Cu emalia na korpusie \varnothing 20 mm z rdzeniem
- L_5 — 30 zwojów, drut i korpus jak w cewce L_2
- L_6 — 10 zwojów na cewce L_5
- L_7 — 10,5 zwoja, drut i korpus jak w cewce L_2
- L_8 — 3,5 zwoja na cewce L_7
- D1 — 30 zwojów drutu \varnothing 0,1 mm na pręcie ferrytowym 4×12 mm.

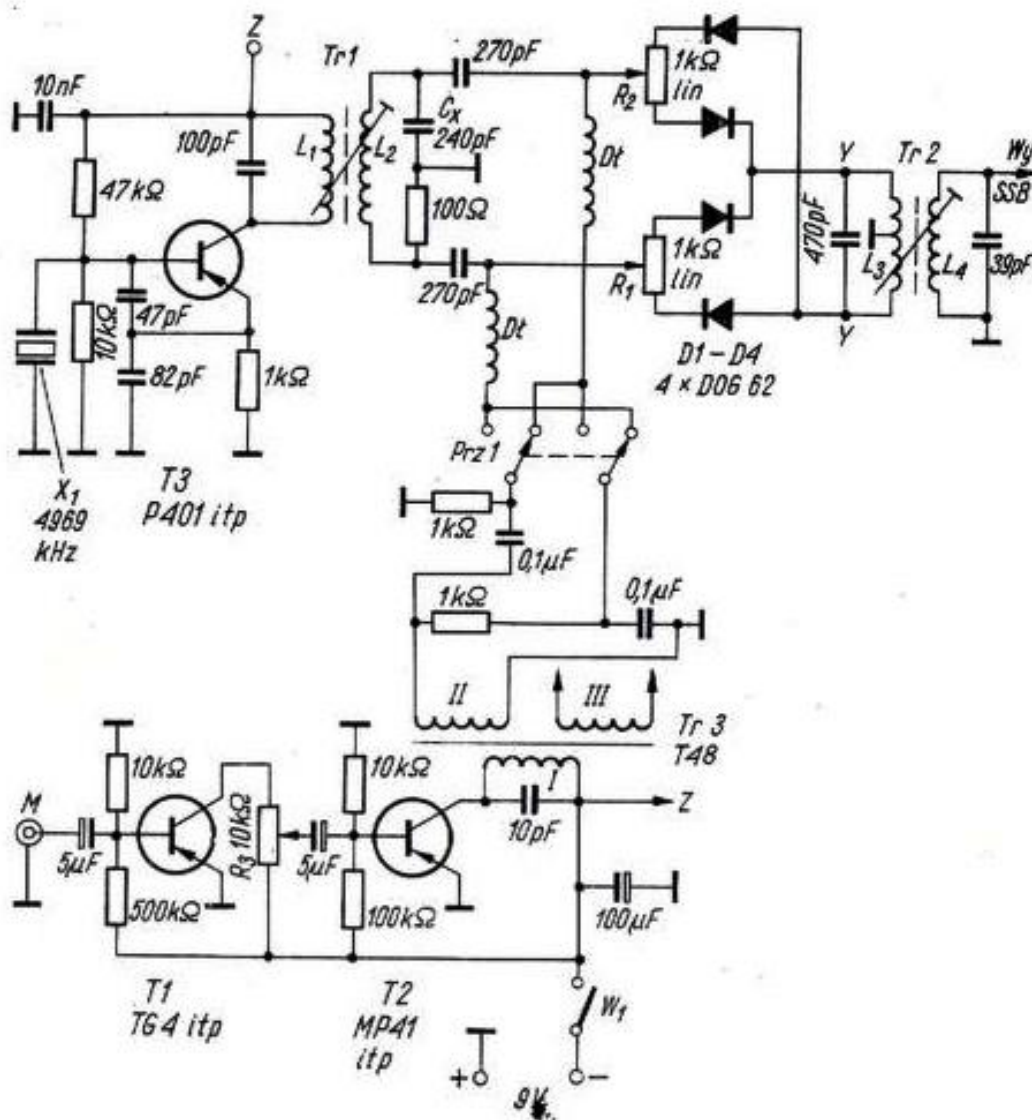
Rys. 4.3.3.6



Rys. 4.3.3.5. Schemat płytki 1

4.3.4. Wzбудnica fazowa SSB

Opis wzбудnicy Zygmunta Milli SP8DBG został opublikowany w numerze 6/1972 *RiK*. Rozwiązanie zawierało dwa uproszczone mieszacze dwudiodowe, prosty przesuwnik fazy RC (1 k Ω , 0,1 μ F, tolerancja 20 %) dla m.cz., który zapewniał dokładne przesunięcie fazy o 90° tylko dla jednej częstotliwości, a wystarczająco dobre dla jeszcze dobrego tłumienia niepożądanego wstęgi tylko w wąskim wycinku pasma akustycznego. Przesuwnik fazy w.cz. również był prostym układem RC. Częstotliwość pracy modelowej wzбудnicy wynosiła 4969 kHz, wstęgi górna i dolna przełączane do wyboru, możliwość pracy CW. Tłumienie niepożądanego wstęgi bocznej wynosiło tylko około 30 dB, tłumienie fali nośnej było niezłe bo około 45 dB. Przy napięciu zasilania 9 V pobór prądu wynosił 6 mA. Napięcie wyjściowe wynosiło około 0,6 V na obciążeniu 50 k Ω . Wzбудnica mogła służyć doysterowania lampowego mieszacza np. na EF80.



Rys. 2. Schemat ideowy wzbudnicy SSB

Rys. 4.3.4.1. Schemat ideowy prostej wzbudnicy fazowej

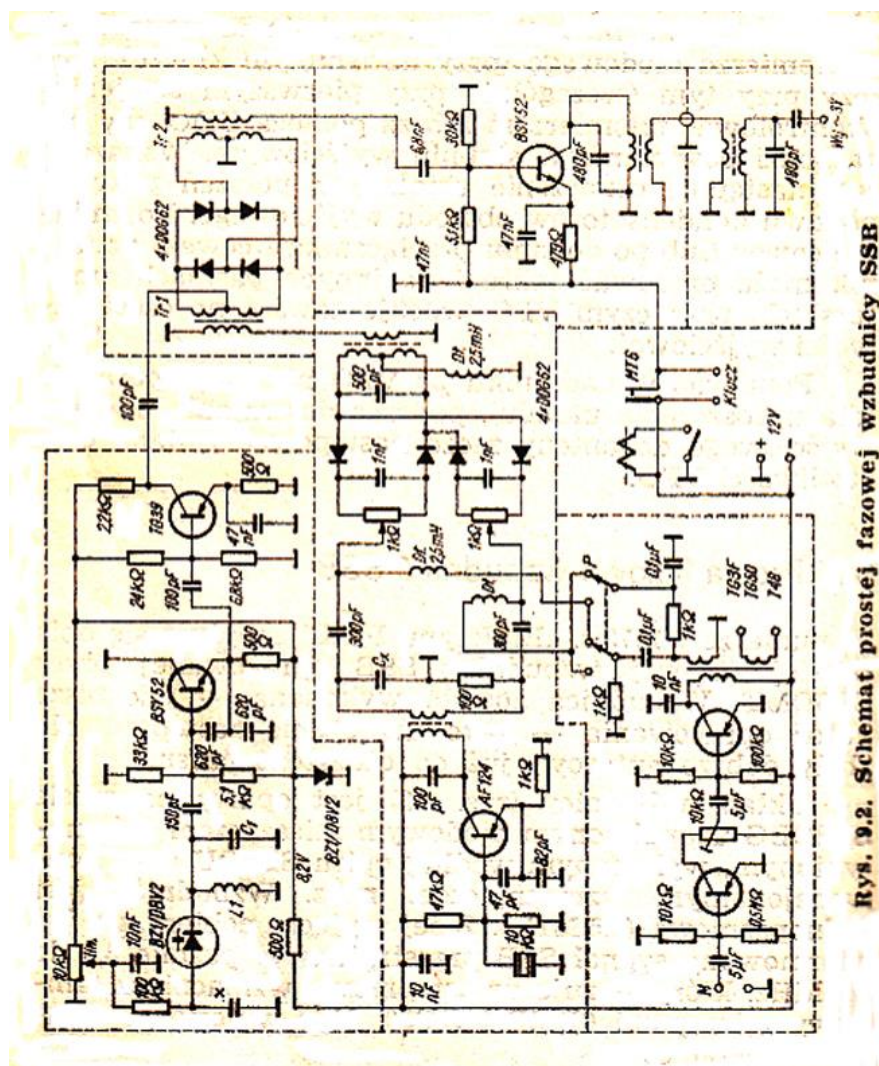
Jako mikrofon służyła słuchawka telefoniczna W-66, a jej sygnał był wzmacniany w dwustopniowym wzmacniaczu na tranzystorach T1 i T2. Uzwojenie 3 transformatora Tr3 mogło być wykorzystane dla układu VOX-u. Przesuwnik fazy m.cz. był dołączony do uzwojenia II, a znajdujący się za nim przełącznik Prz1 służył do zmiany wstęgi.

Tranzystor T3 pracował w kwarcowym generatorze nośnej. Kondensator Cx w przesuwniku fazy w.c.z. należało dobrać w zależności od częstotliwości kwarcu. Dla częstotliwości 4 MHz jego wartość wynosiłaby około 300 pF. Potencjometry R1 i R2 służyły do zrównoważenia mieszaczy. Zastosowano w nich pary diod DOG62 od dyskryminatorów FM.

Cewki transformatorów w.c.z. były nawinięte w jednym kierunku drutem o średnicy 0,3 mm, L1 30 zwojów, L2 12 zwojów na L1, L3 – 7 zwojów na L4, nawiniętych bifilarnie, L4 powinna była mieć 40 zwojów.

Rozwiązanie to było wielokrotnie później publikowane na łamach prasy krótkofalarskiej i w wydawnictwach książkowych. Patrząc przez pryzmat późniejszych doświadczeń wbudnica nadawałaby się lepiej do pracy emisjami cyfrowymi RTTY, PSK31 itd. ze względu na ich wąskopasmowość.

4.3.5. Prosta fazowa wzbudnica SSB



Rys. 4.3.5.1

Opis wzbudnicy został opublikowany przez SP6DMT w *Biuletynie PZK* 7/1973, a następnie w *Informatorze Krótkofalowca* 1975. Rozwiązanie było oparte na konstrukcji SP8DBG uzupełnionym o diodowy mieszacz zrównoważony wg SP5QU i o konwencjonalny wzmacniacz m.c.z. Jednopasmowa wzbudnica pracowała w paśmie 3,5 MHz – w zakresie 3,6 – 3,8 MHz. Sterowała ona dwustopniowy wzmacniacz lampowy na lampach 6P15P i GU50. Moc wyjściowa wzmacniacza wynosiła 80 W. Generator kwarcowy pracował na częstotliwości 5119 kHz (kwarc nr 223 od RT10) i sterował diodowe modulatory zrównoważone przez przesuwnik fazowy w.c.z. Do modulatorów doprowadzone było napięcie akustyczne z uzwojenia wtórnego transformatora Tr48 – przez przesuwnik fazowy m.c.z. i przełącznik wstęp P. Sygnał SSB z modulatorów był doprowadzony do transformatora różnicowego Tr1 w mieszaczu diodowym. Do mieszacza doprowadzone było też napięcie w.c.z. z VFO strojonego

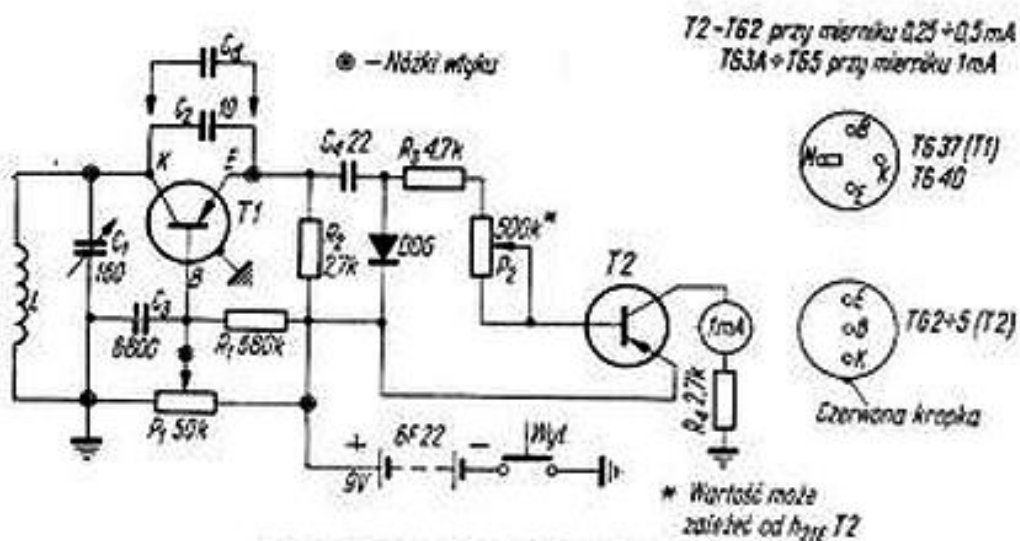
diodą pojemnościową. Napięcie zasilające VFO było stabilizowane za pomocą diody Zenera 8,2 V. Za mieszaczem znajdował się wzmacniacz sygnału pracujący w klasie A. Jego napięcie wyjściowe dochodzące do 3 V wystarczało do wystawienia lampy 6P15P.

4.3.6. Tranzystorowy falomierz-generator

Opis falomierza-generatora ukazał się na łamach *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego* 11/1968. Autorami i konstruktorami przyrządu byli Lech Kossobudzki SP5AFL i Stanisław Oleszkewich. Jego zasada działania jest oparta na lampowych przyrządach zwanych *grid-dip-metrami*, które w tym czasie były produkowane również w kraju. W przyrządach lampowych spadek prądu siatki lampy pracującej jako generator sygnalizował wystąpienie rezonansu z badanym obwodem. Urządzenia lampowe były jednak stosunkowo ciężkie i niewygodne dlatego też zyskały na wprowadzeniu tranzystorów do ich konstrukcji. W wersji tranzystorowej noszącej oznaczenie TDM wystąpienie rezonansu z badanym obwodem sygnalizowane było przez spadek napięcia na obwodzie LC generatora.

W układzie z rysunku 4.6.1 w generatorze Colpittsa ze wspólną bazą pracował tranzystor T1 typu TG37. Jego obwód rezonansowy składał się z cewki L i kondensatora zmiennego 160 pF. Z jego emitera napięcie w.c.z. było doprowadzone do detektora diodowego, a z niego przez potencjometr służący do regulacji czułości wskaźnika na bazę tranzystora T2 typu TG2, TG3A, TG5 itp. Tranzystor T2 sterował miernik wychyłowy. Zakres pracy miernika zależał od zastosowanego typu tranzystora. Dla tranzystora TG37 maksymalna częstotliwość generacji wynosiła około 60 MHz. Potencjometr montażowy P1 umożliwiał dobór punktu pracy tranzystora dla różnych zakresów częstotliwości. Próby przeprowadzone na tranzystorach TG38 – TG40, wykazały, że przeciętne egzemplarze generowały częstotliwości o 40% wyższe od podanej w katalogu częstotliwości przenoszenia f_T . Tranzystory BF504 spisywały się gorzej i maksymalne częstotliwości generacji dochodziły nawet tylko do 10 MHz. Dolna częstotliwość generacji w podanym układzie wynosiła 1,5 MHz. Ponieważ sprawność detekcji krajowych diod DOG przy wyższych częstotliwościach był stosunkowo niska konstruktorzy proponowali diodę 1N34A, pracującą nawet do 200 MHz. Typ tranzystora T2 nie był krytyczny, ale korzystnie było, aby był to tranzystor o większym współczynniku wzmocnienia prądowego β . Można też było zastosować czulszy miernik o zakresie np. 250 – 300 μ A.

Cewki były nawinięte na plastikowych korpusach o średnicy 28 mm – na buteleczkach po witaminach. Cewki dla zakresów 4 i 5 były najpierw nawinięte na szablonach, a następnie po ich zdjęciu pozostawały cewki powietrzne, jak to pokazano na ilustracji.



Rys. 1. Schemat ideowy falomierza-generatora

Rys. 4.3.6.1. Schemat ideowy falomierza-generatora

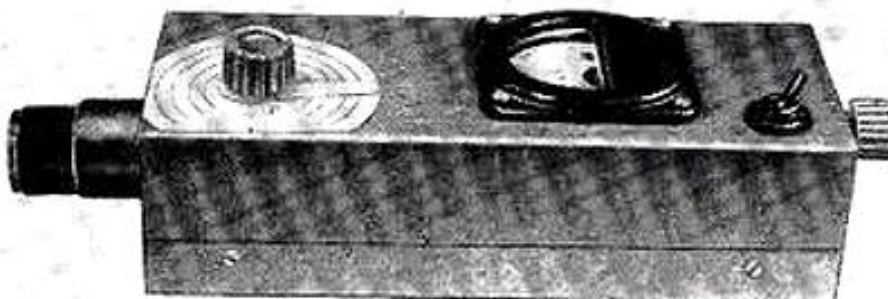
Zakres		Wymiar A (mm)	Drut DNE Ø (mm)	Liczba zwojów	C _d (pF)	Typ	U w a g i
Nr	MHz						
1	1,75 ÷ 3,0	18	0,25	47	200	KSft	zwój przy zwoju
2	3,9 ÷ 5,3	13	0,40	28	75	KCR	„
3	5,3 ÷ 9,5	11	0,70	12	51	KCR	„
4	11,5 ÷ 26	—	1,5	9	—	—	samoosna nawijana na szablonie Ø 20 mm j.w.
5	25 ÷ 30	—	1,5	3	—	—	

Rys. 4.3.6.2. Dane cewek



Rys. 6. Wykonanie cewek dla wyższych zakresów

Rys. 4.3.6.3. Sposób wykonania cewek na wyższe zakresy



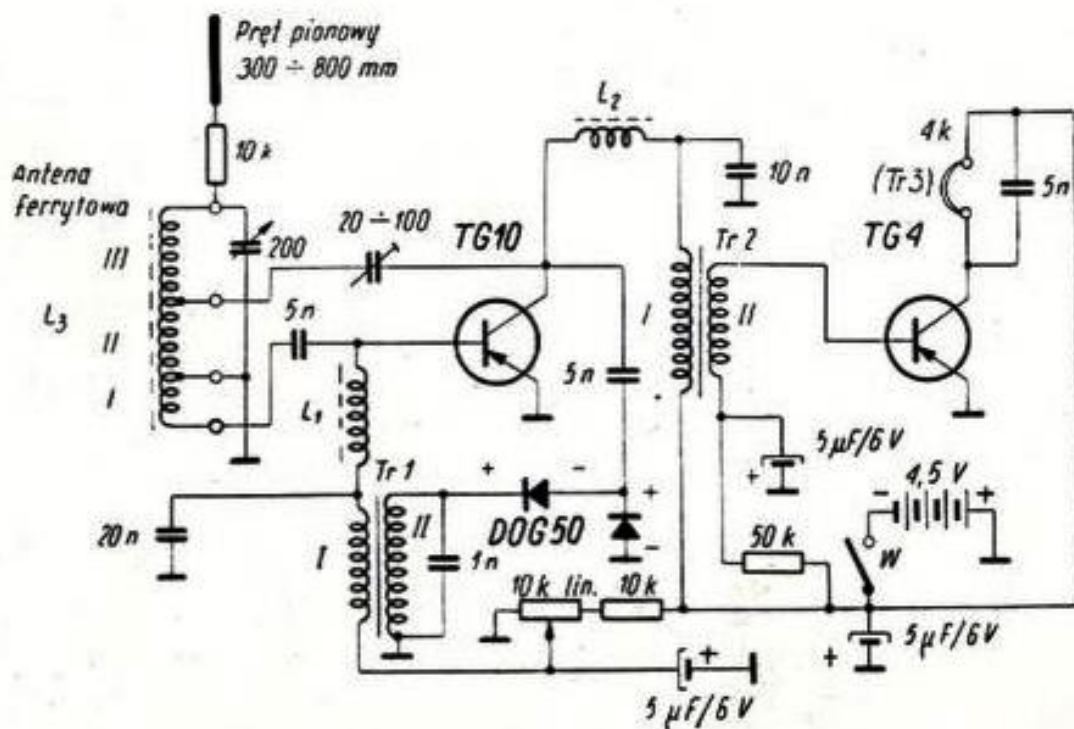
Rys. 2. Widok TDM

Fot 4.3.6.4. Widok przyrządu

4.4. Odbiorniki amatorskie

4.4.1. Odbiornik do Łowów na lisa i wycieczkowy

Opis dwustranizastorowego odbiornika został opublikowany przez Andrzeja Gamdzyka SP5PO w numerze 3/1961 *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego (RiK)*. Zawierał on dwa tranzystory warstwowe produkcji warszawskich zakładów *Tewa*. Pierwszy z nich TG10 (o częstotliwości granicznej 10 MHz w układzie WB) pracował w układzie refleksowym z reakcją, a drugi TG4 jako wzmacniacz m.cz.



Rys. 4.4.1.1. Schemat ideowy odbiornika

Sygnal w.cz. z anteny był wzmacniany przez pierwszy tranzystor i po detekcji w podwajaczu diodowym był doprowadzony do transformatora dopasowującego wysoką oporność wyjściową detektora do niskiej oporności wejściowej (około 5 Ω) wzmacniacza tranzystorowego ze wspólnym emitern (WE). Sygnały m.cz. i w.cz. były rozdzielone za pomocą dławików w.cz. L1 i L2. Sygnal m.cz. po wzmacnieniu w pierwszym tranzystorze był podawany przez transformator dopasowujący do bazy drugiego tranzystora. Pracował on również w układzie wspólnego emitera. Odbiornik mógł pokrywać zakresy fal długich, średnich lub 80 m. Do odbioru telegrafii, stosowanej wówczas w „Łowach na lisa” detektor reakcyjny musiał pracować powyżej progu wzbudzenia. Antena ferrytowa (pręty produkowały wówczas zakłady Polfer w Warszawie) powinna być ekranowana jak to pokazano na ilustracji. Ekran nie powinien stanowić zwartej pętli więc tam gdzie jego końce zachodziły na siebie konieczne było umieszczenie przekładki izolacyjnej. Ponieważ antena ferrytowa ma charakterystykę ósemkową więc dla jednoznacznego określenia kierunku konieczne było dodanie anteny prętowej. Powodowała ona, że wypadkowa charakterystyka kierunkowa miała kształt nerki z wyraźnym minimum z jednej strony.

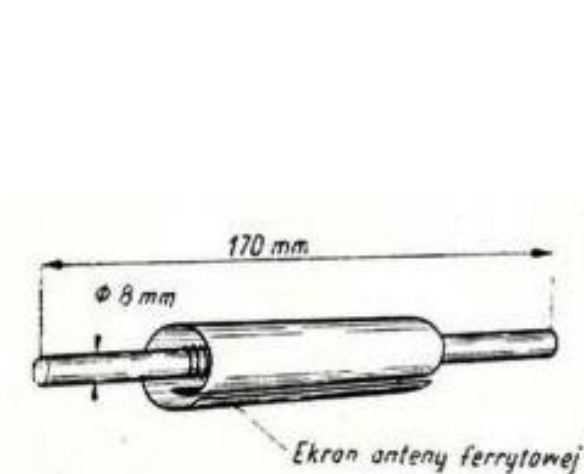
Transformator	Ilość zwojów		Średnica drutu DNE		Przekrój rdzenia cm ²	Uwagi
	I	II	I	II		
Tr1	400	2800	0,2	0,1	0,5	Transformator telefoniczny od tzw. układu „antylokalnego“
Tr2	500	200	0,1	0,1	0,5	
Tr3*	1000	70	0,15	0,15	0,5 ÷ 1	*Zamiast słuchawek – głośnik 6 Ω + Tr3

Dławiki w. cz. L₁, L₂ mają indukcyjność L = 0,5 ÷ 1 mH (200 ÷ 300 zwojów DNE 0,1 mm na rdzeniu proszkowym).

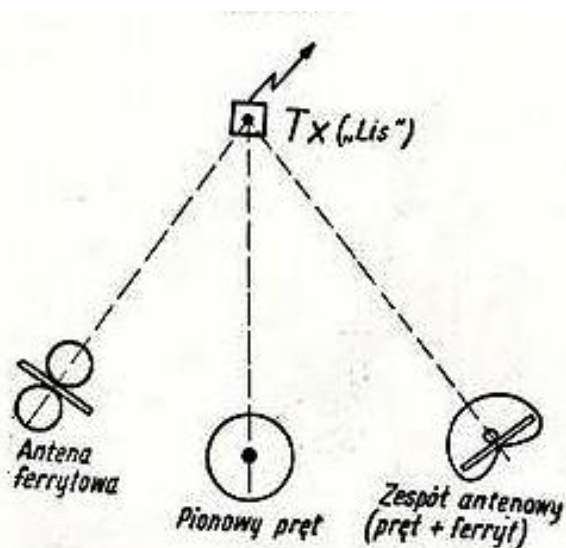
Rys. 4.4.1.2. Dane transformatorów

Uzwojenia L_1		80 m	Fale średnie	Fale długie	Przewód
Liczba zwojów	I	3	5	12	Liczba w. cz. $20 \times 0,05$
	II	10	26	40	
	III	20	42	80	

Rys. 4.4.1.3. Dane cewek



Rys. 2. Osłona ekranująca nie może stanowić zwartego obwodu wokół pręta z ferrytu. Na styku krawędzi należy dać przekładkę izolacyjną.



Rys. 4. Charakterystyki anten zastosowanych w odbiorniku

Rys. 4.4.1.4. Wykonanie anteny ferrytowej

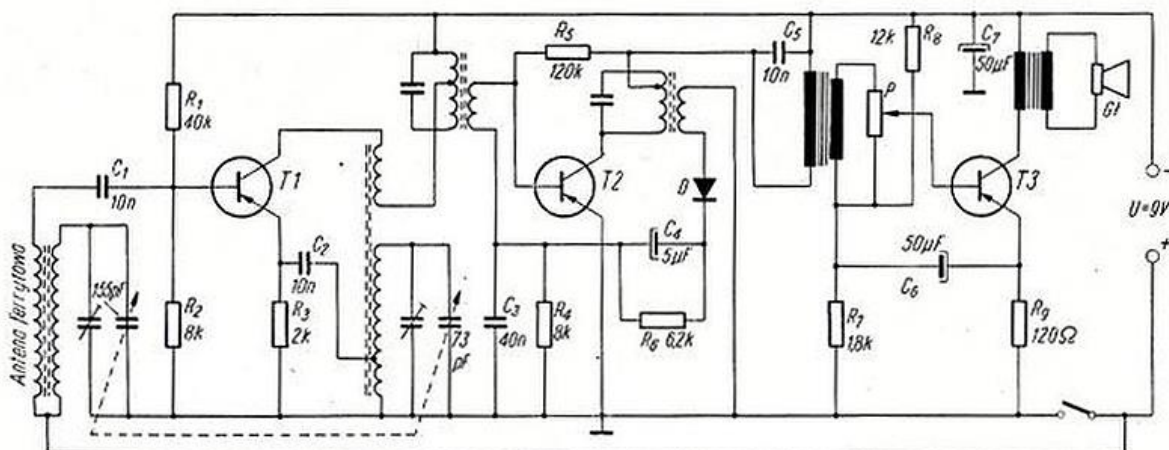
Rys. 4.4.1.5. Pelengacja

4.4.2. Odbiornik superheterodynowy na trzech tranzystorach

W numerze 12/1963 *RiK*, 6/1970 *RiK* i w numerze 9/1983 *Radioelektronika* przedstawiony był układ trzytranzystorowego odbiornika superheterodynowego. Rozwiązanie pochodziło z niemieckiego czasopisma „Funkschau”. Dzięki prostocie układu i łatwości w realizacji cieszył się on powodzeniem i był jeszcze kilkakrotnie publikowany w Polsce z niewielkimi zmianami i różnymi zestawami tranzystorów. Opisane rozwiązanie było wprawdzie przeznaczone do odbioru na falach średnich, ale użyte w nim typy tranzystorów pozwalały na konstrukcję identycznego odbiornika na fale krótkie. W latach sześćdziesiątych XX wieku ukazał się zresztą w radzieckim miesięczniku *Radio* opis takiego odbiornika na trzech tranzystorach, w tym na dwóch pierwszych typu P401 pokrywający zakres krótkofalowy 49 – 25 m (ok. 6 – 12 MHz). Dopóki krótkofalowcy nadawali emisją AM mógł on służyć do odbioru bliższych i silniejszych stacji amatorskich w paśmie 7 MHz. Zamiast anteny ferrytowej jak w wersji średniofalowej posiadał on zwykły strojony obwód wejściowy z anteną sprzężoną pojemnościowo lub indukcyjnie za pośrednictwem dodatkowej cewki.

Tranzystor T1 pracował jako mieszacz samodrgający czyli będący jednocześnie mieszaczem i heterodyną. Rozwiązanie takie było stosowane w wielu fabrycznych tranzystorowych odbiornikach radiofonicznych od *Eltry* i *Kolibra* poczynając. Na jego wyjściu znajdował się pierwszy filtr p.cz. Po wzmocnieniu we wzmacniaczu p.cz. na tranzystorze T2 ulegał on detekcji na diodzie D. Wydzielone na mostku detekcyjnym C4, R6 napięcie m.cz. było z powrotem podawane na bazę tranzystora T2. Pracował on więc w układzie refleksyjnym – z podwójnym wykorzystaniem tranzystora jako wzmacniacza pośredniej i niskiej częstotliwości. Ponieważ opornik R6 był włączony równolegle do kondensatora C4 na bazę tranzystora podawana była otrzymana po detekcji składowa stała o wartości zależnej od siły odbieranego sygnału. Powodowała ona przy dodatniej polaryzacji przesunięcie punktu pracy tak, że

wzmocnienie stopnia zmniejszało się dla silniejszych sygnałów. Była to więc automatyczna regulacja wzmocnienia – ARW. Jak tranzystory T1 i T2 stosowane były OC170 lub OC169. Pierwszy z nich pozwalał na odbiór fal krótkich. Ostatnim tranzystorem był OC72 lub TG50. Do regulacji siły głosu służył potencjometr połączony równolegle z uzwojeniem wtórnym międzystopniowego transformatora m.cz.



Rys. 4.4.2.1. Schemat ideowy

WYKAZ ELEMENTÓW

Tranzystory:

T1, T2 – OC170 lub OC169

T3 – OC72 lub TG50

Dioda:

D – OA90 lub DOG32

Oporniki:

R_1 – 40 k Ω

R_2 – 8 k Ω

R_3 – 2 k Ω

R_4 – 8 k Ω

R_5 – 120 k Ω

R_6 – 6,2 k Ω

R_7 – 1,8 k Ω

R_8 – 12 k Ω

R_9 – 120 Ω

Potencjometr:

P – 5 k Ω z wyl.

Kondensatory:

C_1 – 10 nF

C_2 – 10 nF

C_3 – 40 nF

C_4 – 5 μ F

C_5 – 10 nF

C_6 – 50 μ F (12/15 V)

C_7 – 50 μ F (12/15 V)

Oporniki i kondensatory w wykonaniu miniaturowym.

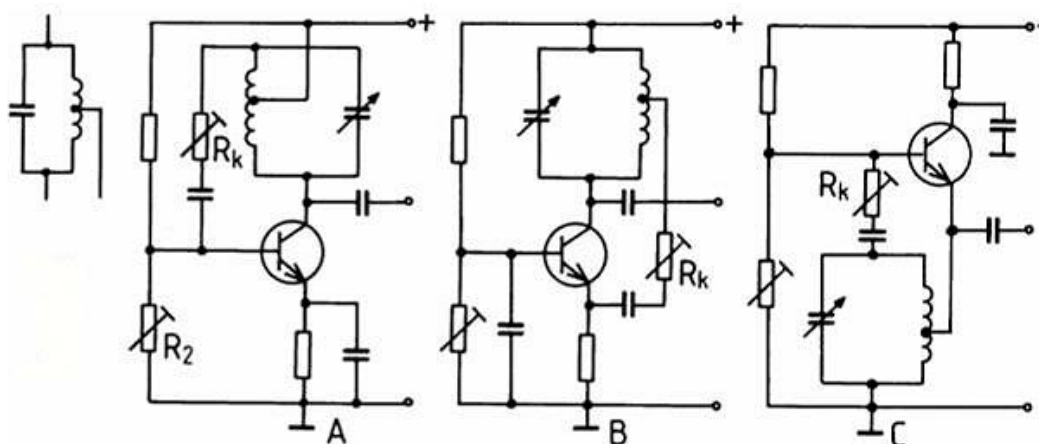
Rys. 4.4.2.2

Po dodaniu przełącznika zakresów możliwy był odbiór również na falach długich – w najprostszym wariantcie odbiór pierwszego programu Polskiego Radia na 227 kHz. Można było dodać również zakres KF, ale wymagało to bardziej skomplikowanego przełącznika. Można było także wykonać wersję tylko

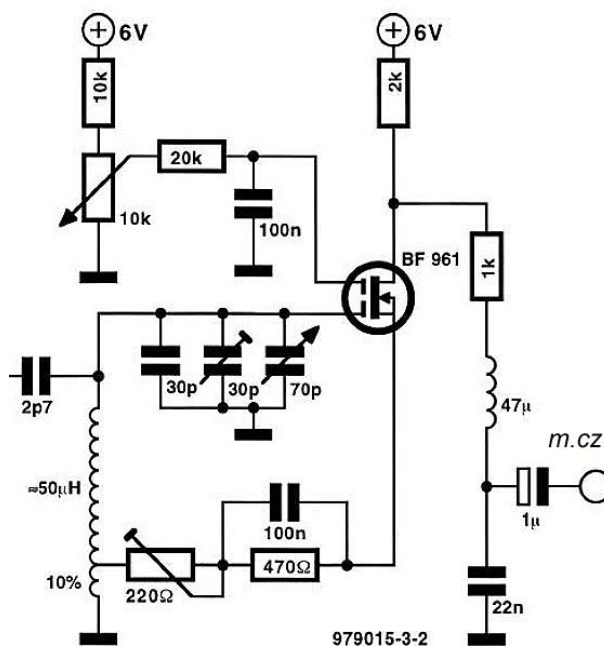
na fale krótkie. Jako filtry p.cz. można było zastosować typowe filtry 465 kHz od odbiorników *Eltra* lub *Kolibier*. Jako transformator międzystopniowy można było zastosować popularny wówczas miniaturowy transformator T2/1 o przekładni 1:5. Wybór transformatora głośnikowego zależał od typu głośnika.

W rozwiązaniu opublikowanym w *RiK* z 1970 roku i w *Radioelektroniku (RE)* w latach 90-tych XX wieku stosowane były polskie tranzystory: w stopniu przemiany TG40, w stopniu refleksyjnym TG39 a w stopniu m.cz. TG50 oraz dioda DOG58. Antena ferrytowa i cewka oscylatora pochodziły z odbiornika „Migo” („Tramp”). Wykonany był on wprawdzie na fale średnie, ale można było dodać rozciągnięty zakres fal długich dla odbioru Warszawy I. Transformatory m.cz. były nawinięte na rdzeniach R3 i R4 wykonanych z permajolu.

4.5. Tranzystorowe generatory Hartleya



Rys. 4.5.1. Podstawowe rozwiązania generatora Hartleya: A – w układzie ze wspólnym emiterem, B – w układzie ze wspólną bazą, C – w układzie wtórnika emiterowego



Rys. 4.5.2. Przykład współczesnego rozwiązania audionu z reakcją w układzie ze sprzężeniem elektronowym na polowym tranzystorze dwubramkowym

Dodatek A

Radiotelefon *Klimek*

Klimek był tranzystorową radiostacją UKF przeznaczoną dla ratownictwa górskiego. Znajdowała się na wyposażeniu GOPR, TOPR i polskich wypraw wysokogórskich. Została ona zaprojektowana przez krótkofalowca Wojciecha Nietykszę SP5FM.

W tym czasie w państwach zachodniej Europy służby ratownictwa górskiego takie radiotelefony już posiadały, w Polsce nie były jeszcze one produkowane. Do tego czasu GOPR do zapewnienia łączności używał wojskowych radiostacji plecakowych R-105, które nie sprawdzały się w czasie akcji w górach ze względu na ciężar i rozmiary. Podczas trzeciej polskiej wyprawy w Hindukusz himalaisci dla zapewnienia łączności byli wyposażeni w radiotelefony wojskowe R-116 (waga 4,5 kg, moc nadajnika 50 mW), jednak do baz etapowych położonych wyżej i do wspinaczki one także się nie nadawały.

W tym samym roku 1964 w ogólnopolskiej partyjnej gazecie „Trybuna Ludu” ukazał się artykuł, w którym GOPR apelował o zaopatrzenie ratowników górskich w radiotelefony przenośne o małej wadze.

Po ukazaniu się artykułu na apel GOPR odpowiedzieli krótkofalowcy: Wojciech Nietyksza (SP5FM) oraz Wiktor Chojnacki (SP5QU). Krótkofalowcy przeprowadzili badania w zakresie propagacji fal radiowych w górach (Tatry, Bieszczady), przeprowadzili testy, opracowali specyfikację techniczną dla radiostacji, której parametry zapewniałyby najlepszą łączność w terenie górskim. Za wykonane prace przydatne dla polskich służb ratowniczych otrzymali III nagrodę w konkursie „Mistrz Techniki 1966”.

Na podstawie analiz Nietyksza wykonał prototypy radiotelefonów ręcznych pracujące na częstotliwości 40 MHz, które zostały przetestowane w Tatrach w marcu 1965. Po pozytywnej ocenie komisji GOPR radiotelefony zostały zamówione i weszły na wyposażenie służb ratownictwa górskiego. Radiotelefony otrzymały nazwę „Klimek” na cześć legendarnego ratownika górskiego Klemensa Bachledy. Nietyksza w swoim zakładzie wyprodukował kilkadziesiąt egzemplarzy dla GOPR i TOPR oraz na zamówienie dla Polskiego Związku Alpinizmu. Na wiosnę 1966 GOPR otrzymał pierwsze radiotelefony „Klimek”. Radiostacje te weszły na wyposażenie wszystkich stacji regionalnych GOPR w Polsce.

Radiotelefony sprawdzały się w najtrudniejszych górskich warunkach, dzięki nowatorskiemu zabezpieczeniu modułów i układów elektronicznych woskiem pszczelim przed niskimi temperaturami, wilgocią oraz kondensacją pary wodnej. Przycisk nadawania był tak skonstruowany, by ratownik górski lub himalaista mógł obsługiwać go w rękawicach w warunkach zimowych. Parametry pracy radiotelefonów były zgodne z obowiązującymi przepisami międzynarodowymi. Te urządzenia radiowe były zabierane przez polskie wyprawy wysokogórskie w najwyższe góry świata, Hindukusz, Karakorum oraz Himalaje. Były w użyciu np. podczas zdobycia szczytu Kunyang Chhish (1971).

Jeden z radiotelefonów z napisem POLAND¹³, został odnaleziony pod szczytem Nanga Parbat w 2014. Po naprawie połączenia elektrycznego, zerwanego wskutek uszkodzenia czekaniem obudowy, „Klimek” został uruchomiony: był w pełni sprawny, co świadczyło o jego niezawodności. Nietyksza następnie zaprojektował także stacjonarne radiotelefony „Wawa”, one także weszły na wyposażenie służb ratowniczych GOPR w Polsce. W 1997 wskutek postępu techniki stare wówczas „Klimki” zostały zastąpione radiotelefonami ręcznymi firmy „Motorola”. Od 2022 r. ratownicy GOPR posiadają na wyposażeniu radiotelefony Motorola DP4600 lub DP4601, alpinisci z Polskiego Związku Alpinizmu używają radiotelefonów o wadze ok. 250 g, np.: Kenwood NX220, Yeasu FT270.

Radiotelefon „Klimek” posiadał konstrukcję wykorzystującą nowe wtedy elementy półprzewodnikowe, bez użycia lamp elektronowych. Radiotelefon posiadał budowę modułową, chassis modułu stanowiła

¹³ „Klimek” z wytłoczonym na obudowie napisem POLAND i numerem seryjnym 73-04 został odnaleziony w 2014 pod szczytem Nanga Parbat. „Klimek” leżał w śniegu, przy temperaturach dochodzących do -45 °C, prawdopodobnie od 10 lipca 1985, kiedy został zgubiony przez polskiego himalaistę Piotra Kalmusa, który zginął podczas zejścia lawiny.

bakelitowa płytka, w której zaprasowywano cynowane rurki. Elementy elektroniczne były przewlekane przez otwory w rurkach i lutowane, analogicznie, jak na dzisiejszych płytkach drukowanych. Moduły były sprawdzane pod względem poprawności działania, a po zestrojeniu były zalewane woskiem. Radiotelefon posiadał blokadę szumów odbiornika, z możliwością regulacji pokrętką progu działania. Nadajnik to 6-stopniowy układ wielkiej częstotliwości z oscylatorem kwarcowym z modulacją fazy, 18-krotnym powielaniem. Odbiornik to superheterodyna z podwójną przemianą częstotliwości, stabilizowana kwarcami. Radiotelefon posiadał przełącznik zmniejszenia mocy nadajnika (podczas łączności na bliskie odległości), co wydłużało czas pracy. Konstruktor planował wprowadzenie zmian konstrukcyjnych w celu zwiększenia mocy nadajnika do 250 mW, poprawę selektywności, zastosowanie kondensatorów o większej niezawodności przy niskich temperaturach oraz zmniejszenie masy radiotelefonu do 1,5 kg.



Fot. A.1. Radiotelefon *Klimek* (źródło: pl.wikipedia.org)

Dane techniczne

(prototyp – źródło informacji miesięcznik „*Radioamator i Krótkofalowiec*” 7/1965)

zakres częstotliwości 41 MHz, podzakres dla GOPR-u, 1 kanał

stałość częstotliwości 500 Hz

moc nadajnika do 180 mW

emisja – modulacja częstotliwości F3, F2 (ton, zew)

dewiacja sygnału FM ± 15 kHz

czułość odbiornika $\leq 0,2$ μ V dla S/N 20 dB

selektywność względem sąsiedniego kanału 50 kHz mierzona metodą dwóch sygnałów -70 dB

Preemfaza i deemfaza 6 dB/oktawę

Mikrofon magnetyczny, wbudowany akustyczna moc wyjściowa 0,25 W

Blokada szumów z regulowanym progiem i wzmacniaczem szumów

źródło zasilania: akumulatory KN 0,2

czas pracy (odbiór/nadawanie 5:1) 8 godzin

napięcie zasilania 10,8 V

pobór prądu ze źródła zasilania:

podczas odbioru 15 mA (nasłuch, włączona blokada szumów), 30 mA (odbiór sygnału, pełne wystrojenie głośnika)

podczas nadawania 50 mA

waga radiostacji 1,750 kg.

Anteny

antena prętowa z centralną cewką wydłużającą (dla większego zasięgu)

antena (krótka), ze stalowej giętkiej taśmy, przeznaczona do akcji ratowniczych (dla mniejszego zasięgu łączności).

Nadajnik był zrealizowany w 6-stopniowym układzie w.cz. z oscylatorem kwarcowym, modulacją fazy po separatorze i z 18-krotnym powielaniem. Modulator zawierał trzy stopnie tranzystorowe łącznie z ogranicznikiem. Odbiornik był superheterodyną z podwójną przemianą częstotliwości. Całość była wykonana na tranzystorach germanowych.

Z Klimkami współpracował radiotelefon stacjonarny *Wawa* również produkcji SP5FM. Dzięki zgodności ze standardami międzynarodowymi radiotelefon dobrze współpracował z radiotelefonami stacyjnymi i ruchomymi np. produkcji MORS, czy SRA i mógł być wykorzystywany nie tylko w terenie górskim, ale również na terenach wielkich budów, kopalni odkrywkowych, w poszukiwaniach geologicznych itd.



Fot. A.2. Przednia ścianka radiotelefonu *Wawa*

Źródła

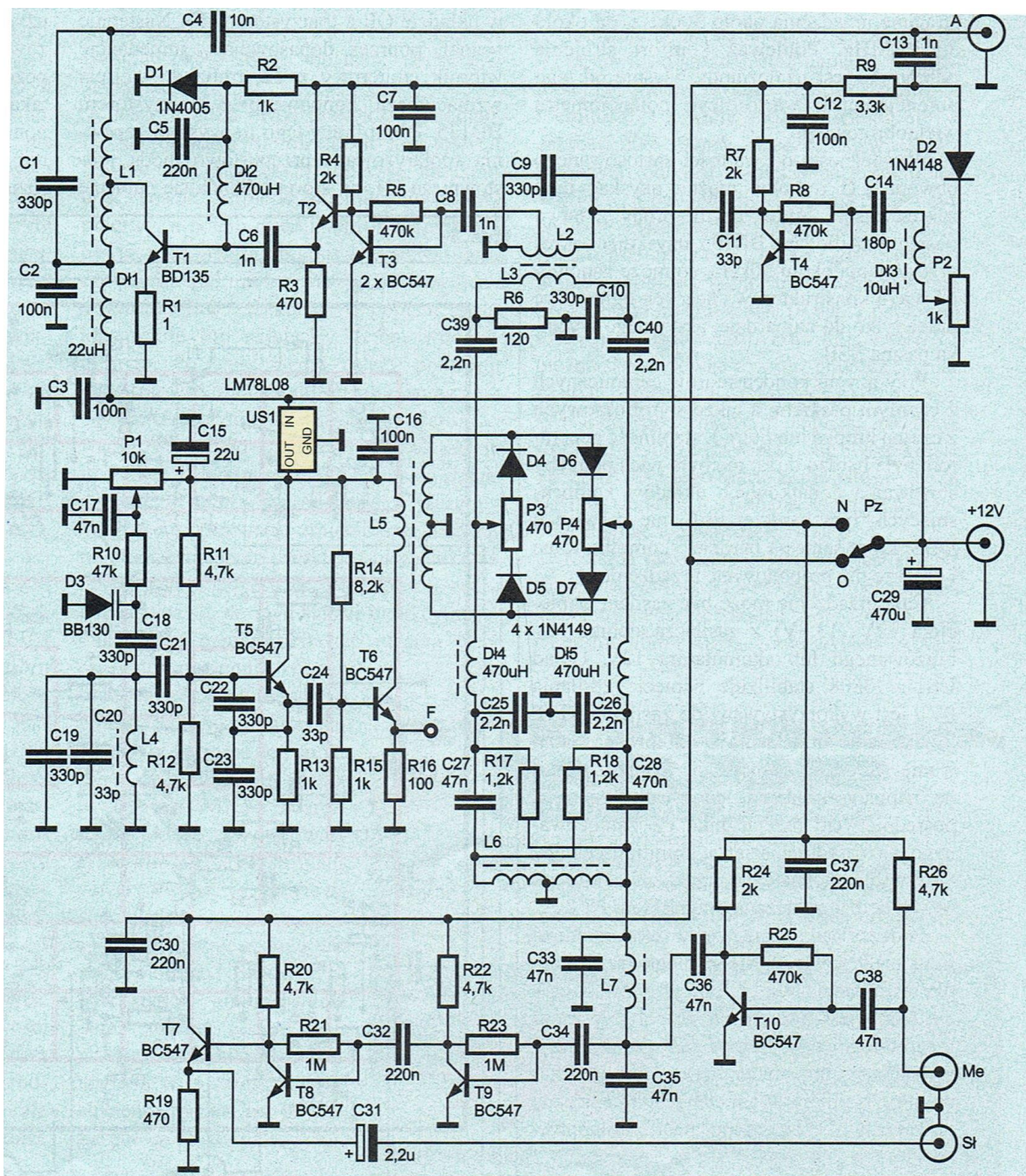
pl.wikipedia.org.

Radioamator i Krótkofalowiec polski 7/1965

Dodatek B

Współczesna fazowa radiostacja SSB

Koncepty fazowych wzбудnic i radiostacji tranzystorowych mają się dobrze i obecnie. Co pewien czas w wydawnictwach krótkofalarskich pojawiają się opisy prostych rozwiązań na popularnych i łatwo dostępnych tranzystorach i nie zawierające układów scalonych. Są to urządzenia małej mocy i na tyle nieskomplikowane, że mogą w dalszym ciągu zainteresować majsterkowiczów.



Rys. B.1. Schemat ideowy prostego nadajnika SSB na pasmo 160 m (źródło [11])

Wzmacniacz m.cz. na tranzystorach T7 – T10 pracuje przy nadawaniu jako wzmacniacz modulacyjny, a przy odbiorze jako wzmacniacz odbiornika homodynamicznego. Generator VFO pracuje w układzie Colpittsa na tranzystorze T5 ze stopniem separującym T6. Jest on przestrajany elektrycznie za pomocą diody pojemnościowej D3 – BB130, na którą podawane jest napięcie z potencjometru P1. Przesuwnik fazowy m.cz. zawiera elementy C25 – C27, R17 i R18, a przesuwnik fazowy w.cz. R6 i C10.

Wzmacniacz w.cz. odbiornika pracuje na tranzystorze T4, a wzmacniacz sygnału SSB nadajnika na tranzystorach T1 – T3. W stopniu mocy użyto tranzystora BD135. Dwa zrównoważone mieszacze zawierają diody D4 – D7. Do ich zrównoważenia służą potencjometry P3 i P4.

Literatura i adresy internetowe

Roczniki 1929 – 1939 *Krótkofalowca Polskiego (KP)*, 1923 – 1938 *Przeglądu Radjotechnicznego*, 1934 – 1935 *Nowego Radjoamatora (NRA)*, 1953 – 1970 *Radioamatora (RA)* (od 1961 r. *Radioamatora i Krótkofalowca polskiego – RiK*), 1996 – 2025 *Świata Radio* oraz numery czasopism wymienione w tekście.

- [1] Wilhelm Rotkiewicz „Technika odbioru radiowego”
- [2] „Radioelektronicy”, dysk CD Świata Radio, opracowanie dostępne w Internecie
- [3] „Historia krótkofalarstwa polskiego”, Zbigniew Rybka, Ireneusz Wyporski, Jan Ziembicki, Warszawa 1970, Agencja Wydawnicza „Ruch”
- [4] Lwowski Klub Krótkofalowców, Zarys dziejów, Tomasz Ciepeliowski SP5CCC i Georgij Czlianc UY5XE, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008, ISBN 978-83-206-1690-3
- [5] „Poradnik radioamatora”, praca zbiorowa, WKŁ, Warszawa 1977
- [6] „Miniodbiorniki tranzystorowe”, Sławomir Wolszczak, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1969
- [7] „Jak czytać schematy radiowe”, Czesław Klimczewski, Warszawa 1956
- [8] „Poradnik inżyniera radioelektryka”, WNT, Warszawa 1969
- [10] „Układy tranzystorowe dla radioamatorów”, A. Židan, B. Milobar, WKŁ, Warszawa 1978
- [11] „Konstrukcje krótkofalarskie dla zaawansowanych”, Andrzej Janeczek SP5AHT
- [12] „Konstrukcje krotkofalarskie dla początkujących”, Andrzej Janeczek, SP5AHT

W serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca” dotychczas ukazały się:

- Nr 1 – „Poradnik D-STAR”, wydanie 1 (2011), 2 (2015), 3 (2019) i 4 (2021)
- Nr 2 – „Instrukcja do programu D-RATS” (2011)
- Nr 3 – „Technika słabych sygnałów” Tom 1 (2011)
- Nr 4 – „Technika słabych sygnałów” Tom 2 (2011)
- Nr 5 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 1 (2011)
- Nr 6 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 2 (2011)
- Nr 7 – „Packet radio” (2011)
- Nr 8 – „APRS i D-PRS” (2012)
- Nr 9 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 1, wydanie 1 (2012)
- Nr 10 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 2, wydanie 1 (2012)
- Nr 11 – „Słownik niemiecko-polski i angielsko-polski” Tom 1 (2012)
- Nr 12 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 1 (2012)
- Nr 13 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 2 (2012)
- Nr 14 – „Amatorska radioastronomia” (2012)
- Nr 15 – „Transmisja danych w systemie D-STAR” (2013)
- Nr 16 – „Amatorska radiometeorologia”, wydanie 1 (2013) i 2 (2017)
- Nr 17 – „Radiolatarnie małej mocy” (2013)
- Nr 18 – „Łączności na falach długich” (2013)
- Nr 19 – „Poradnik Echolinku” (2013)
- Nr 20 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 1 (2013)
- Nr 21 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 2 (2013)
- Nr 22 – „Protokół BGP w Hamnecie” (2013)
- Nr 23 – „Technika słabych sygnałów” Tom 3, wydanie 1 (2014), 2 (2016) i 3 (2017)
- Nr 24 – „Raspberry Pi w krótkofalarstwie” (2014)
- 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” wydanie 1 (2015) i 2 (2021)
- Nr 28 – „Budujemy Ilera” Tom 1 (2015)
- Nr 29 – „Budujemy Ilera” Tom 2 (2015)
- Nr 30 – „Konstrukcje D-Starowe” (2015)
- Nr 31 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 3 (2016)
- Nr 32 – „Anteny łatwe do ukrycia” (2016)
- Nr 33 – „Amatorska telemetria”, wydanie 1 (2017) i 2 (2022)
- Nr 34 – „Poradnik systemu C4FM”, wydanie 1 (2017), 2 (2019) i 3 (2021)
- Nr 35 – „Licencja i co dalej” Tom 1 (2017)
- Nr 36 – „Cyfrowa Obróbka Sygnałów” (2018)
- Nr 37 – „Telewizja amatorska” (2018)
- Nr 38 – „Technika słabych sygnałów” Tom 4, wydanie 1 (2018), 2 (2020) i 3 (2022)
- Nr 39 – „Łączności świetlne” (2018)
- Nr 40 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 4 (2018)
- Nr 41 – „Licencja i co dalej” Tom 2 (2018)
- Nr 42 – „Miernictwo” Tom 1 (2019)
- Nr 43 – „Miernictwo” Tom 2 (2019)
- Nr 44 – „Miernictwo” Tom 3 (2019)
- Nr 45 – „Testy sprzętu” Tom 1 (2019)
- Nr 46 – „Testy sprzętu” Tom 2 (2019)
- Nr 47 – „Licencja i co dalej” Tom 3 (2019)
- Nr 48 – „Jonosfera i propagacja fal” (2020)
- Nr 49 – „Anteny krótkofalowe” Tom 1, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 50 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 1, wydanie 1 (2020) i 2 (2022)
- Nr 51 – „Anteny krótkofalowe” Tom 2, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 52 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 2, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 53 – „Anteny mikrofalowe” (2020)

- Nr 54 – „Proste odbiorniki amatorskie” Tom 1 (2020)
Nr 55 – „Proste odbiorniki amatorskie” Tom 2 (2020)
Nr 56 – „Proste nadajniki amatorskie” Tom 1 (2021)
Nr 57 – „Proste nadajniki amatorskie” Tom 2 (2021)
Nr 58 – „Mini- i mikrokomputery w krótkofalarstwie” Tom 1 (2021)
Nr 59 – „Mini- i mikrokomputery w krótkofalarstwie” Tom 2 (2021)
Nr 60 – „DX-y w C4FM” (2021)
Nr 261 – „Poradnik DMR” Tom 1, z nru 26, wydanie 1 (2021)
Nr 262 – „Poradnik DMR” Tom 2, z nru 26, wydanie 1 (2021)
Nr 63 – „Testy sprzętu” Tom 3 (2021)
Nr 64 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich”, z numerów 9 i 10, wydanie 2 (2022)
Nr 65 – „Testy sprzętu” Tom 4 (2022)
Nr 66 – „Mieszanka firmowa” Tom 1 (2023)
Nr 67 – „Mieszanka firmowa” Tom 2 (2023)
Nr 68 – „System LoRa”, wydanie 1 (2023), 2 (2024), 3 (2025), 4 (2026)
Nr 69 – „Poradnik cyfrowego głosu” (2024)
Nr 70 – „Konstrukcje antenowe” Tom 1, wydanie 1 (2024), 2 (2025), 3 (2026)
Nr 71 – „Mieszanka firmowa” Tom 3 (2024)
Nr 72 – „Testy sprzętu” Tom 5 (2024)
Nr 73 – „Poradnik DMR” Tom 3 (2024)
Nr 74 – „Mieszanka firmowa” Tom 4 (2025)
Nr 75 – „Instrukcja obsługi FTDX10 (2025)
Nr 76 – „Testy sprzętu” Tom 6 (2025)
Nr 77 – „Historyczna technika krótkofalowców” Tom 1 (2025)
Nr 78 – „Mieszanka firmowa” Tom 5 (2025)
Nr 79 – „Historyczna technika krótkofalowców” Tom 2 (2026)
Nr 80 – „Historyczna technika krótkofalowców” Tom 3 (2026)
- Nr 356 – „Słownik historycznych terminów z elektroniki i radiotechniki” (2020)

W serii „Biblioteka historii techniki” dotychczas ukazały się:

- Nr H1 – „Praprzemysł na ziemiach polskich”, Tom 1, wyd. 1 (2024)
Nr H2 – „Witelon”, wyd. 1 (2024)
Nr H3 – „Praprzemysł na ziemiach polskich”, Tom 2, wyd. 1 (2025)

