

BIBLIOTEKA
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

77

KRZYSZTOF DĄBROWSKI
OE1KDA

HISTORYCZNA TECHNIKA
KRÓTKOFALOWCÓW
Tom 1

WIEDEŃ 2025



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń 2025

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 1

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wydanie 1
Wiedeń, wrzesień 2025

Spis treści

Wstęp	7
1. Układy UKF	11
1.1. Superreakcja	11
1.2. Reakcja	20
1.3. Edwin Armstrong	21
1.4. Generator Barkhausena-Kurza	21
1.5. Magnetron	24
2. Krótkofalarskie konstrukcje UKF do 1939 roku	27
2.1. Konstrukcje SP3FO	29
2.2. Radiostacja Lwowskiego Klubu Krótkofalowców	32
2.3. Radiostacja Michała Kibińskiego na pasmo 4 m	33
2.4. Układy nadawczo-odbiorcze UKF SP1CB	35
2.5. Magnetrony	39
2.6. Układy nadawczo-odbiorcze UKF SP1AR	40
2.7. Ultrakrótkofalowa stacja standardowa sekcji U.K.F. Poznańskiego Klubu Krótkofalowców	42
2.8. Ultrakrótkofalowa stacja na pasma 5 m i 70 cm SP1AR	44
2.9. Nadajnik-odbiornik na pasmo 5 m	46
3. Powojenne lampowe konstrukcje UKF	47
3.1. Układy odbiorników UKF	58
3.2. Nadajniki amatorskie	63
3.2.1. Nadajnik AM na 144 MHz ze stabilizacją kwarcową	63
3.2.2. Nadajnik stacji SP3PD	64
3.2.3. Nadajnik UKF 420 – 460 MHz	64
3.2.4. Układy nadajników-odbiorników UKF na 420 MHz	66
3.2.5. Generatory wielokrotnościowo-harmoniczne	70
3.2.6. Prosty nadajnik na pasmo 432 MHz	71
3.2.7. Nadajnik na pasmo 435 MHz ze wzmacniaczami przeciwsobnymi	72
3.2.8. Nadajnik na 144 MHz	72
3.2.9. Nadajnik do radiopelengacji amatorskiej na pasmo 144 MHz	74
3.2.10. Ekonomiczny nadajnik na pasmo 145 MHz	77
3.2.11. Trzylampowy nadajnik UKF	78
3.3. Odbiorniki amatorskie	80
3.3.1. Superreakcyjny odbiornik na pasmo 144 MHz ze wzmacniaczem w.cz.	80
3.3.2. Odbiornik na lampach bateryjnych	80
3.3.3. Konwerter stacji SP3PD	80
3.3.4. Odbiornik 1-V-2 na pasmo 144 MHz	82
3.3.5. Odbiornik DX-owy na 144 MHz	83
3.3.6. Niskoszumny konwerter na pasmo 144 MHz	84
3.3.7. Odbiornik do radiopelengacji amatorskiej	86
4. Półprzewodnikowe konstrukcje UKF	88
4.1. Układy superreakcyjne	88
4.2. Nadajniki amatorskie	90
4.2.1. Generator kwarcowy 144 MHz na jednym tranzystorze	90
4.3. Odbiorniki amatorskie	92
4.3.1. Przedwzmacniacz tranzystorowy SP5QU	92
4.3.2. Tranzystorowy odbiornik na pasmo amatorskie 144-146 MHz	94
4.4. Nadajniki satelitarne UKF	97
4.5. Waraktorowe powielacze częstotliwości	101
Dodatek A. Synchronizowany demodulator FM	107
Literatura i adresy internetowe	110
Spis tomów „Biblioteki polskiego krótkofalowca”	112

Sommaire

Technique radioamateur historique

Préface	7
1. Montages THF	11
1.1. Détecteur à superréaction	11
1.2. Détectrice à réaction	20
1.3. Edwin Armstrong	21
1.4. Oscillateur de Barkhausen-Kurz	21
1.5. Magnétron	24
2. Montages radioamateur THF jusqu'en 1939	27
2.1. Montages de SP3FO	29
2.2. Le poste du Club de Radioamateur de Lwów	32
2.3. Le poste de Michał Kibiński sur la bande des 4 m	33
2.4. Transceivers THF de SP1CB	35
2.5. Magnétrons	39
2.6. Transceivers THF de SP1AR	40
2.7. Transceivers standard de la Section THF du Club de Radioamateur de Poznań	42
2.8. Transceiver THF de SP1AR pour 5 m et 70 cm	44
2.9. Émetteur-récepteur pour la bande 5 m	46
3. Montages THF à tubes après 1945	47
3.1. Récepteurs THF	58
3.2. Émetteurs radioamateur	63
3.2.1. Émetteur AM à quartz pour 144 MHz	63
3.2.2. Émetteur de SP3PD	64
3.2.3. Émetteur THF pour la bande 420 – 460 MHz	64
3.2.4. Émetteurs-récepteurs THF pour la bande 420 MHz	66
3.2.5. Oscillateurs à quartz overtone	70
3.2.6. Émetteur simple 432 MHz	71
3.2.7. Émetteur 435 MHz en push-pull	72
3.2.8. Émetteur 144 MHz	72
3.2.9. Émetteur pour la radiogoniométrie sportive pour la bande 144 MHz	74
3.2.10. Émetteur économique 145 MHz	77
3.2.11. Émetteur THF à trois tubes	78
3.3. Récepteurs radioamateur	80
3.3.1. Récepteur 144 MHz à superréaction avec préamplificateur	80
3.3.2. Récepteur à tubes batterie	80
3.3.3. Convertisseur de SP3PD	80
3.3.4. Récepteur 1-V-2 pour 144 MHz	82
3.3.5. Récepteur DX pour 144 MHz	83
3.3.6. Convertisseur à faible bruit pour 144 MHz	84
3.3.7. Récepteur pour la radio-orientation	86
4. Montages THF à semiconducteurs	88
4.1. Montages à superréaction	88
4.2. Émetteurs	90
4.2.1. Oscillateur à quartz 144 MHz à transistor unique	90
4.3. Récepteurs	92
4.3.1. Préamplificateur à transistor de SP5QU	92
4.3.2. Récepteur à transistors sur la bande des 144-146 MHz	94
4.4. Émetteurs THF sur les satellites	97
4.5. Multiplicateurs à varactor	101
Annexe A. Démodulateur FM à oscillateur piloté	107

Bibliographie et les pages web	110
Liste des volumes de la „Bibliothèque de radioamateur polonais”	112

Wstęp

W rozdziale pierwszym omówiono dokładnie zasady pracy układów powszechnie dawniej stosowanych, dla ułatwienia zrozumienia działania i właściwości przedstawionych dalej konstrukcji amatorskich z dawnych lat. Pomimo wielu słabych stron tych rozwiązań krótkofalowcy osiągalni na nich interesujące rezultaty i wiele z nich znalazło zastosowanie również w okresie powojennym i to nie tylko w wersji lampowej ale i półprzewodnikowej. Jednym z takich dawniej popularnych rozwiązań były odbiorniki superreakcyjne, dziś już nie odpowiadające stanowi techniki i ze względu na liczne, dalej wymienione wady, już praktycznie zapomniane, ale w okresie przedwojennym i przez pewien czas po II wojnie światowej były używane najpierw przez krótkofalowców, a następnie w przystawkach do odbioru programów radiowych na UKF przez odbiorniki nie wyposażone fabrycznie w ten zakres albo nawet w pierwszych modelach odbiorników fabrycznych z zakresem UKF.

Jako granicę przedstawianego okresu czasu autor przyjął rok 1965. Był to orientacyjnie początek ery półprzewodników w amatorskich konstrukcjach UKF i KF w Polsce. W niektórych przypadkach prezentowane są także rozwiązania bardziej współczesne i ich powiązania lub pokrewieństwa z historycznymi. Przy aktualnym stanie rozwoju techniki wszystkie te konstrukcje i układy mają wprawdzie tylko znaczenie historyczne, ale warto je znać i rozumieć ich zasady działania, bo jest to część ogólnego dorobku krótkofalarskiego.

Rozwiązania dla zakresów fal krótkich bywają co pewien czas przedstawiane we współczesnych publikacjach, dlatego też autor zdecydował się dać pierwszeństwo historii fal ultrakrótkich i ich techniki. Konstrukcjom krótkofalowym i historii wykorzystania fal krótkich zostanie poświęcony jeden z dalszych tomów serii.

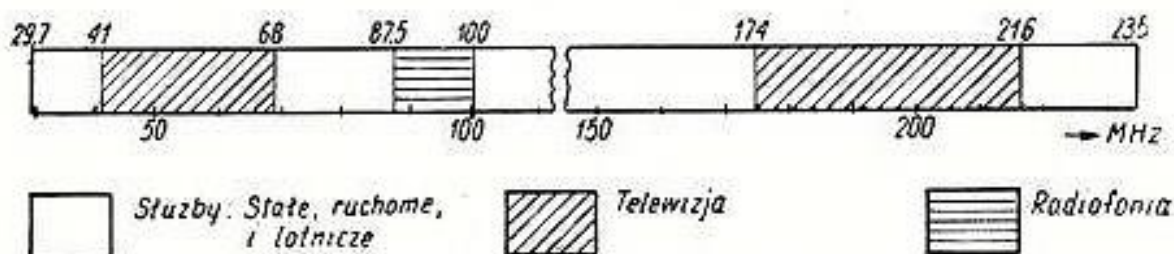
Wśród początkowych przydziałów częstotliwości UKF krótkofalowcy już w roku 1927 otrzymali przydział w paśmie 5 m – w zakresie 56 – 60 MHz. W niektórych krajach, w tym przedwojennej Polsce był to przydział tylko części tego zakresu (56,300 – 59,680 MHz). Następne pasmo – przyznane oficjalnie lub gdzie obecność krótkofalowców była tolerowana, bo nie były jeszcze zagospodarowane przez inne służby – wypadały na harmonicznym 112, 224 i 448 – 460 MHz lub w ich pobliżu co odpowiadało długościom fal 2,5, 1,25 m i 70 cm. Krótkofalowcy eksperymentowali nieoficjalnie także w paśmie 4 m około 70 – 75 MHz i 3 m (w przybliżeniu 78 – 92 MHz). Na konferencji w Kairze w 1938 roku krótkofalowcom przyznano pasma 56 – 60, 112 – 120 i 224 – 230 MHz. Zamiast pasma 112 MHz przyznanego lotnictwu (aż do 136 MHz) po wojnie krótkofalowcy otrzymali pasmo 2 m – w Europie 144 – 146 MHz, a w pozostałych regionach IARU 144 – 148 MHz. Pasma 1,25 m w granicach 220 – 225 MHz lub 222 – 225 MHz jest dostępne w II Regionie IARU, a pasmo 70 cm z początkowego zakresu 420 – 460 MHz zostało ograniczone w I Regionie do 430 – 440 MHz, a w pozostałych do 430 – 450 MHz¹. W miejsce pasma 5 m krótkofalowcy odzyskiwali stopniowo w latach powojennych pasmo 6 m w węższych lub szerszych granicach zależnie od kraju, ale maksymalnie w granicach 50 – 52 MHz. Dla specjalnych eksperymentów z łącznościami szerokopasmowymi krótkofalowcy w Austrii uzyskali na czas ograniczony dodatkowo podzakres 52 – 54 MHz. W pozostałych regionach IARU pasmo 6 m ma granice 50 – 54 MHz. Obecnie dostępne pasmo 4 m, przeważnie jako część zakresu zbliżonego 70 – 70,5 MHz nie ma swojego oficjalnego przedwojennego odpowiednika, chociaż w roku 1931 Michał Kibiński prowadził eksperymenty łączności w tym zakresie i w paśmie 112 MHz. W czasie wyprawy na Howerlę w 1930 roku prowadzono również łączności na częstotliwościach około 150 MHz². W połowie lat 1950-tych krótkofalowcy w Polsce, Czechosłowacji i ówczesnym Związku Radzieckim mogli korzystać z pasma w zakresie 85 – 87 MHz lub jego części – W Polsce było ono oficjalnie określane jako pasmo 86 MHz. W krajach demokracji ludowej (KDL) w tym zakresie wypadał kanał 4 telewizji (wg. normy OIRT 84 – 92 MHz), ale był on w Polsce

¹ W Europie na tych częstotliwościach wypadają telewizyjne kanały 11 i 12.

² W 1934 roku zespół naukowy Laboratorium Radiotechniki Politechniki Lwowskiej prowadził obserwacje rozchodzenia się fal ultrakrótkich (w zakresie 3 m) w terenie górskim w Gorganach i na wzgórzach wokół Lwowa. W czasie prób stosowano odbiorniki superreakcyjne na lampach LD410 i L414 oraz nadajniki w układzie symetrycznym na dwóch lampach REN904 z modulacją anodową Heisinga o mocy w antenie 0,1 W. (*Przegląd Radiotechniczny* 1935). Wypróbowano różne rodzaje anten. W próbach uczestniczyli m.in. A. Jellonek i L. Siciński. Jednym z opiekunów naukowych był prof. dr Tadeusz Malarski.

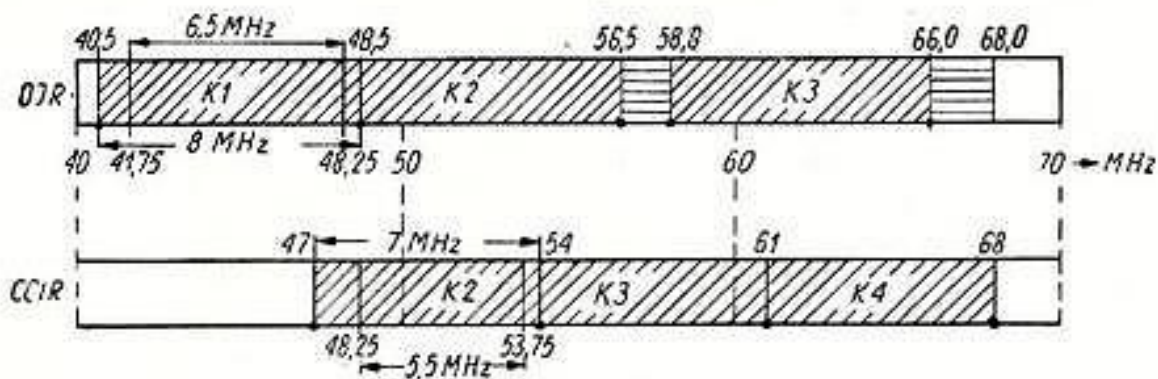
wykorzystywany tylko marginesowo – dla pomocniczych stacji przekaźnikowych, podobnie jak leżący powyżej kanał 5 (92 – 100 MHz). W Europie Zachodniej w tym zakresie wypadał, rzadko używany, kanał 4A oznaczany we Włoszech jako kanał C. Pasma 23 cm było szersze niż obecnie i rozciągało się w granicach 1215 – 1300 MHz. Było jednak słabo wykorzystane, m.in. z powodu braku dostępu do podzespołów na ten zakres.

Dla radiofonii UKF został w Europie początkowo przyznany zakres 87,5 – 100 MHz, później rozszerzany do 104 i 108 MHz (tzw. pasmo CCIR). W II regionie IARU (obie Ameryki) jest to zakres 88 – 108 MHz. W początkowym okresie eksperymentów z radiofonią UKF FM w Stanach Zjednoczonych korzystano z zakresów 39 (41) – 44 i 42 – 50 MHz³. Natomiast w tak zwanych krajach demokracji ludowej – poza NRD – na początku lat 1960-tych wyznaczono zakres 66 – 73 MHz (nazywano to pasmem OIRT). Został on później w Polsce rozszerzony do 65,5 – 74 MHz ze względu na konieczność instalacji większej liczby nadajników dla planowanych czterech sieci radiowych. Do czasu, kiedy na rynku pojawiło się dosyć odbiorników z zakresem UKF radioamatorzy i krótkofalowcy budowali sami przystawki do posiadanych odbiorników lub kompletne odbiorniki na ten zakres. Jako anteny odbiorcze służyły przeważnie pojedyncze dipole proste lub pętlowe połączone z odbiornikami za pomocą płaskiego kabla o impedancji falowej 240 – 300 Ω (tzw. kabla telewizyjnego).



Rys. 1. Wycinek tabeli częstotliwości wg Atlantic City (1947)

Rys. 1. Przydziały pasm w Atlantic City w 1947 roku, źródło *Radioamator* 9/19160

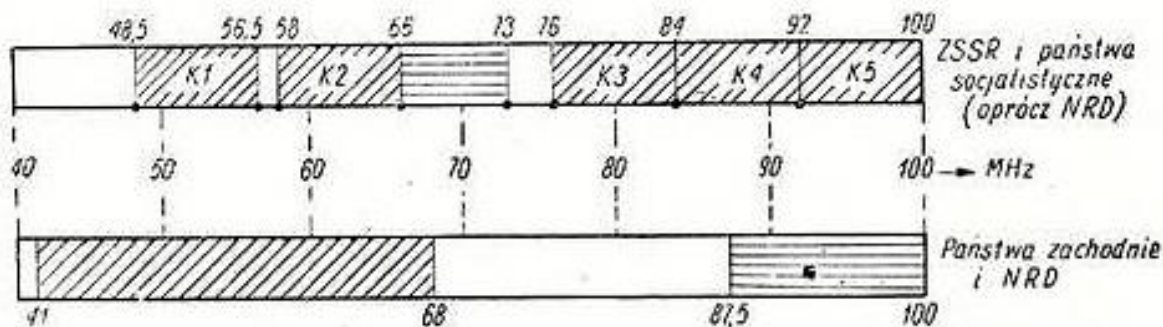


Rys. 2. Wycinek tabeli częstotliwości dla telewizji I zakr. i radiofonii UKF (Stockholm — 1952)

Rys. 2. Przydziały częstotliwości na konferencji w Sztokholmie w 1952 roku. Kanał pierwszy OIRT (K1) według tego przydziału nie był nigdy używany i w związku z tym numeracja przesunęła się i widoczny na rysunku kanał K2 został kanałem 1, jeden z niepokazanych tukanałów miał zachodzić na pasmo 2 m ale nie był nigdy używany w Polsce. Również w planach z NRD jeden z ich kanałów miał kolidować z pasmem 2 m. Źródło j.w.

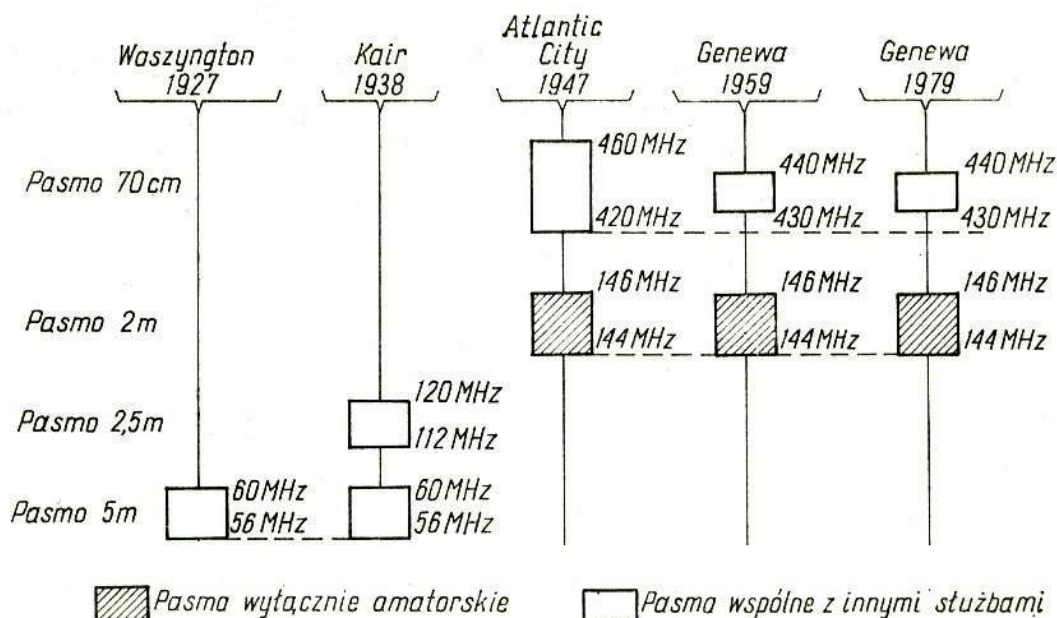
³ Oficjalnym powodem przejścia na zakres 88 – 100 MHz w USA była obawa przed zakłóceniami ze strony dalszych stacji przy podwyższonych warunkach propagacji, mniej oficjalnym – obawa ze strony właścicieli stacji średnifalowych przed konkurencją ze strony stacji UKF i chęć ograniczenia ich zasięgów.

Przenośne odbiorniki tranzystorowe za zakresem UKF pojawiły się w Polsce pod koniec lat 1960-tych (były to odbiorniki „Izabella” i „Ewa”), a przedtem w pasmo UKF były wyposażone tylko domowe odbiorniki lampowe⁴. Na początku wbudowywano fabrycznie jednolampowe przystawki superreakcyjne, a później były to w pełni rozbudowane układy superheterodynowe z własnym stopniem przemiany i wzmacniaczem w.cz. (głowicą) na UKF i wzmacniaczem p.cz. dostosowanym do pracy na p.cz. 465 kHz dla zakresów AM i 10,7 MHz dla UKF-u⁵. Do demodulacji FM stosowany był przeważnie detektor stosunkowy na diodach germanowych krajowej produkcji.



Rys. 3. Wycinek tabeli częstotliwości po Konferencji Administracyjnej w Genewie (1959) i Specjalnej Regionalnej w Genewie (1960)

Rys. 3. Pasmo 56,5 – 58 MHz było też przewidziane dla radiofonii w KDL ale nie było używane do tego celu, telewizyjny kanał 48,5 – 56,5 MHz otrzymał już numer 1, w przydziale na zachodzie nic się nie zmieniło. Zachodni kanał 1 TV był tylko raz używany w latach 50-tych przez stacje w Holandii i nigdy więcej. Źródło j.w.



Rys. 4. Zmiany pasm amatorskich UKF dla Europy dokonywane na kolejnych światowych konferencjach radiokomunikacyjnych. Źródło *ABC Krótkofalowca*, Krzysztof Słomczyński SP5HS, WKŁ Warszawa 1988

⁴ W związku z brakiem krajowych tranzystorów na zakres UKF w pierwszych seriach odbiorników przenośnych montowane były tranzystory produkcji NRD.

⁵ W ramach zupełnie zbędnego małpowania języka angielskiego głowice są obecnie nazywane „tunerami”. Ponieważ „tunerami” nazywa się również obwody dopasowujące anteny i różne inne urządzenia tracimy na tym precyzję języka.

W Chinach zakres radiofoniczny UKF-FM rozpoczynał się od 64 MHz. W Japonii początkowo zakres radiofoniczny leżał między 76 – 90 MHz, obecnie w związku z likwidacją telewizji analogowej górna granica przydziału przesuwa się w kierunku 100 MHz. Obecnie górną granicą jest 95 MHz.

Nazwa stacji	Maksymalna moc promieniowana w kW	Polaryzacja anteny	Częstotliwość programów ogólnokrajowych w MHz			Częstotliwość programu lokalnego w MHz	Rok uruchamiania pierwsz. nadajników
			I	II	III		
Kraków	120	H	66,11	66,89	67,67	68,75	1962
Wrocław	120	H	72,89	72,11	71,33	70,67	1961
Warszawa	100	H	66,38	67,16	67,94	69,20	1961
Łódź	80	H	73,01	72,23	71,45	68,51	1965
Olsztyn	75	H	72,38	71,60	70,82	69,56	1965
Szczecin	75	H	65,96	66,74	67,52	68,78	1962
Białystok	75	H	72,80	72,02	71,24	70,01	1963
Kielce	60	H	72,71	71,93	71,15	70,49	1963
Lublin	60	V	72,59	71,81	71,03	69,92	1961
Koszalin	50	V	66,17	66,95	67,73	69,92	1964
Zielona Góra	50	H	72,50	71,72	70,94	69,14	1962
Gdańsk	40	H	66,29	67,07	67,85	70,31	1961
Poznań	40	H	66,62	67,40	68,18	69,74	1962
Bydgoszcz	30	H	72,62	71,84	71,06	68,96	1962
Katowice	15	H	65,99	66,77	67,55	68,33	1961
Rzeszów	17	V	65,90	66,68	67,46	68,24	1963
Wałcz	30	H	72,80	72,02	71,24	69,38	1965
Suwałki	50	V	72,68	71,90	71,12	68,60	1965
Siedlce	25	V	66,47	67,25	68,03	70,22	1965
Jelenia Góra	10	V	—	—	67,46	68,24	1961
Częstochowa	10	V	66,23	67,01	67,79	68,96	1965
Włocławek	10	V	72,53	71,75	70,97	68,72	1965

Rys. 5. Plany rozbudowy sieci nadawczej UKF. Początkowo miały być uruchamiane sieci dla dwóch programów, a dalsze w następnej kolejności. Wyłączenie nadajników w paśmie CCIR planowano na koniec 1965 roku. Dewiacja w paśmie OIRT wynosiła ± 50 kHz w odróżnieniu od ± 75 kHz stosowanej w paśmie CCIR. Źródło *Radioamator* 9/1960

Pełny wykaz dotychczasowych publikacji „Biblioteki polskiego krótkofalowca” znajduje się na końcu skryptu. Życzymy owocnej lektury.

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń
7 września 2025

1. Układy UKF

1.1. Superreakcja

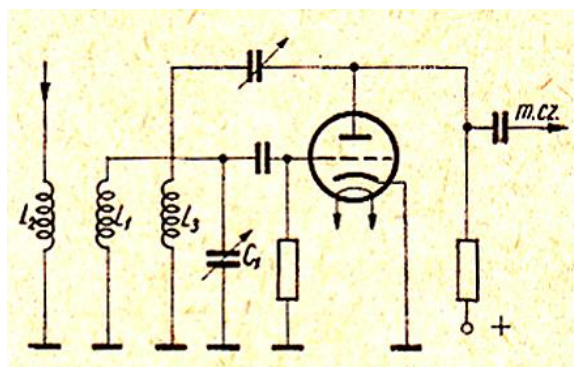
W odbiornikach z dodatnim sprzężeniem zwrotnym (reakcją) dla uzyskania maksymalnej czułości przy odbiorze sygnałów z modulacją amplitudy (AM) lub z wąskopasmową modulacją częstotliwości NFM należało sprzężenie zwrotne ustawić tak, aby układ znajdował się możliwie blisko progu wzbudzenia, ale jeszcze się nie wzbudzał (dla odbioru telegrafii i SSB nieco powyżej progu wzbudzenia). Sprzężenie zwrotne polegało na wprowadzeniu z powrotem na wejście części sygnału wzmacnionego. Dzięki od tłumieniu wejściowego obwodu rezonansowego uzyskiwany był znaczący wzrost amplitudy sygnału i dzięki zwiększeniu w ten sposób jego dobroci poprawiała się selektywność odbiornika. Należało tylko zwrócić uwagę, aby wskutek zmian poziomu sygnału odbieranego, niestabilności napięcia zasilania i innych zjawisk nie następowało wzbudzenie i aby nie zawęzić nadmiernie pasma przenoszenia gdyż obniżało to zrozumiałość odbieranych sygnałów (zwłaszcza mowy). Na wyższych częstotliwościach utrzymanie stabilności stawało się coraz trudniejsze. Dodatkowo słabsze sygnały w zakresach UKF wymagały większego wzmacnienia, a w początkowym okresie rozwoju radiotechniki ceny lamp elektronowych były dosyć wysokie jak na prywatne kieszenie. Układ zapewniający z jednej strony wysokie wzmacnienie w pojedynczym stopniu (rzędu miliona), a z drugiej pracujący cyklicznie naprzemian w stanie niewzbudzonym i wzbudzonym nie wymagał nużącego utrzymywania jego punktu pracy poniżej progu wzbudzenia. Oba te względy przyczyniły się do uzyskania znacznej popularności przez układy super-reakcyjne – zwłaszcza na falach ultrakrótkich. Wadą odbiorników superreakcyjnych (ang. *superregenerative [receiver]*, niem. *Pendler [Empfänger]*, *m*) są stosunkowo wysoki poziom szumów lub bulgoczących szumów, skomplikowany sposób dostrojenia i generowanie sygnałów zakłócających odbiór innym użytkownikom gdyż stopień pracuje czasowo powyżej progu wzbudzenia. Temu ostatniemu zjawisku można było zapobiec włączając między wejście antenowe i stopień superreakcyjny dodatkowy wzmacniacz separujący. W ostatnich czasach odbiorniki superreakcyjne stosowane były w układach zdalnego sterowania modeli i zdalnie otwieranych zamków samochodowych. Ceny tranzystorów i zwykłych podzespołów biernych są wprawdzie obecnie ekstremalnie niskie, ale maksymalne uproszczenie układu przez rezygnację nawet z groszowych elementów i kilku milimetrów kwadratowych powierzchni płytki drukowanej przynosi przy wielkoseryjnej produkcji jakieś tam oszczędności.

Powszechnie uważa się, że istotną wadą odbiorników superreakcyjnych jest ich niska selektywność, ale jak zobaczymy dalej jest ona zależna od kształtu przebiegu wygaszającego i nie musi być niska.

Zasada działania

Dzięki bardzo dużej czułości i możliwości uzyskania liniowego zbocza charakterystyki przenoszenia odbiorniki superreakcyjne były przez dłuższy czas wykorzystywane nie tylko przez krótkofalowców ale i do odbioru radiofonicznych stacji na UKF-ie.

Stopień odbiornika superreakcyjnego, w którym zachodzi zjawisko superreakcji w zasadzie niewiele różni się od stopnia ze sprzężeniem zwrotnym w zwykłym odbiorniku reakcyjnym. Dodatkowo sprzężenie zwrotne może być zrealizowane w dowolny sposób. Zasadę działania odbiornika przedstawia rys. 1.1.1

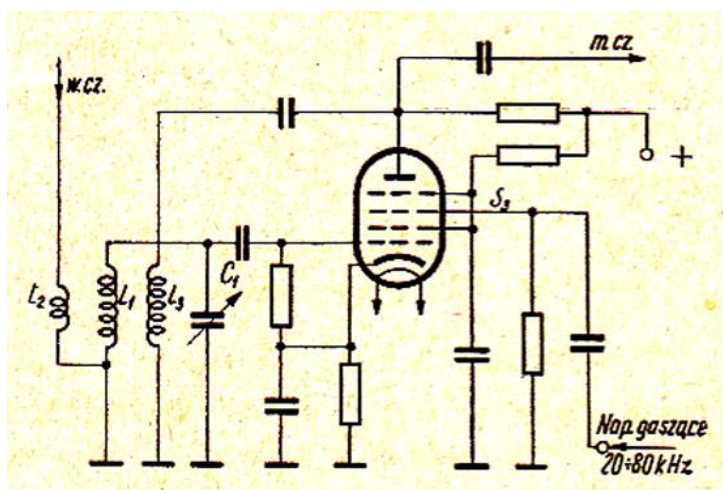


Rys. 1.1.1. Schemat dla objaśnienia działania stopnia superreakcyjnego

O ile nie podano inaczej ilustracje pochodzą z poz. [1]. Wyjaśnienie zasady działania jest w prze-
ważającej części oparte o poz. [1] i [1a]⁶.

Ze względu na to, że omawiany jest układ o znaczeniu historycznym posłużymy się przykładowym schematem odbiornika lampowego z poz. [1]. Czytelnikom nie obeznanym z techniką lampową pragniemy wyjaśnić, że elementem sterującym odpowiadającym bramce tranzystora polowego lub bazie tranzystora złączowego jest siatka sterująca (siatka pierwsza) lampy, odpowiednio źródłu lub emiterowi odpowiada katoda lampy, a drenowi lub kolektorowi – jej anoda. W odróżnieniu od elementów półprzewodnikowych przepływ elektronów z katody do próżni w lampie jest praktycznie możliwy dopiero po jej podgrzaniu do wysokiej temperatury. Do tego celu służy zawarty w lampie grzejnik włókno żarzenia. W elementach półprzewodnikowych nośniki (elektrony i dziury czyli puste miejsca po elektronach w siatce krystalicznej) nie opuszczają półprzewodnika, dlatego też nie potrzeba podgrzewać ich źródła.

Energia dostarczona z obwodu wyjściowego lampy (z anody) przez gałąź sprzężenia zwrotnego (kondensator zmienny i cewkę L_3) do obwodu rezonansowego w jej siatce (C_1L_1) może pokryć występujące w nim straty energii. Oznacza to wzrost dobroci skutecznej obwodu, zwiększenie jego oporności rezonansowej i co za tym idzie wzrost czułości odbiornika. Przy dostatecznie silnym sprzężeniu stopień staje się generatorem. Jego sygnał wielkiej częstotliwości interferując z sygnałem odbieranym powoduje powstanie gwizdu przeszkadzającego w odbiorze. Teoretycznie możliwe byłoby utrzymanie układu w stanie równowagi na progu wzbudzenia i uzyskanie bardzo dużej czułości, ale stabilne utrzymanie takiego stanu nie jest w praktyce wykonalne. Nawet przypadkowy słaby impuls zakłóceń z zewnątrz lub niewielka zmiana napięcia zasilania powodowałyby wyjście ze stanu równowagi i generację drgań własnych. W praktyce w odbiorniku reakcyjnym możliwe jest stabilne około 10-krotne zwiększenie wzmocnienia w stosunku do stanu bez sprzężenia zwrotnego. Jednocześnie następujące zawężenie pasma przenoszenia odtłumionego obwodu rezonansowego oznaczałoby pogorszenie liniowości demodulacji FM na zboczu jego charakterystyki. W odróżnieniu od modulacji AM (amplitudy) odbiór sygnałów z modulacją częstotliwości wymaga w najprostszym rozwiązaniu dostrojenia odbiornika do sygnału nadawanego tak, aby wypadł on na zboczu charakterystyki i zmiana jego częstotliwości powodowała przez to zmiany amplitudy. Do demodulacji wystarczy wówczas najprostszy diodowy detektor obwiedni. Ten sposób demodulacji sygnałów zmodulowanych częstotliwościowo – FM – był dawniej stosowany przez dłuższy czas. Czytelników zainteresowanych dalszymi szczegółami odsyłamy do tomów 54 – 57 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”.



Rys. 1.1.2. Schemat ideowy odbiornika superreakcyjnego z wygaszaniem obcym, w układzie Armstronga

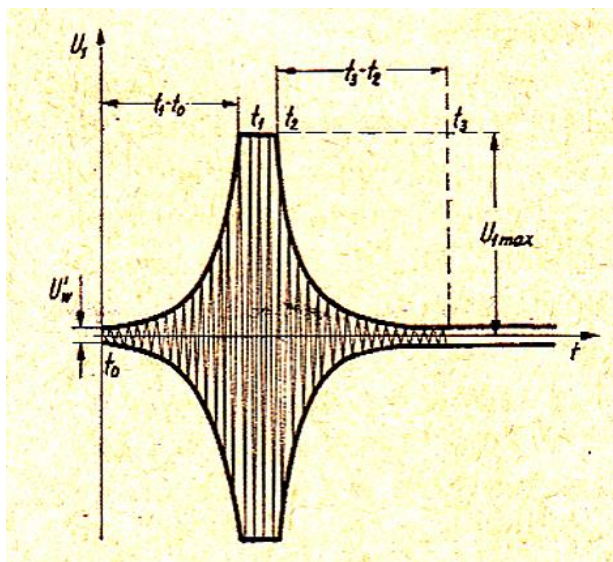
Praktyczne wykorzystanie od tłumiania obwodu przez dodatnie sprzężenie zwrotne bez obawy pojawienia się gwizdu interferencyjnego umożliwia superreakcja. Sprężenie zwrotne jest tak silne, że w normalnych warunkach pracy lampy (lub tranzystora w układach półprzewodnikowych) powoduje ener-

⁶ Patrz także: „Amatorski odbiornik telewizyjny”, Stanisław Sypniewski, Radioamator 12/1953, str. 21

giczne wzbudzenie się drgań swobodnych w układzie. Jednocześnie ten stan jest okresowo przerywany z częstotliwością wygaszania leżącą ponad zakresem słyszalności. Przeważnie częstotliwość wygaszania wynosi 20 – 80 kHz (powinna ona być przynajmniej 500 – 1000 razy niższa od częstotliwości odbieranej). Układ odbiornika oscyluje więc pomiędzy stanami wzbudzonym i niewzbudzonym. Wielkość sprzężenia zwrotnego zależy zarówno od przekładni transformatora w jego obwodzie (tutaj L_3 do L_1) jak i wzmocnienia elementu aktywnego – w tym przykładzie od nachylenia charakterystyki lampy. Zmieniając punkt pracy, i co za tym idzie nachylenie charakterystyki anodowej – a więc wypadkowo wzmocnienie – można doprowadzić do zerwania drgań.

W układach lampowych można osiągnąć to zmieniając ujemne napięcie siatki sterującej (siatki pierwszej, s_1) lub jak w przykładzie z rysunku 1.1.2. – napięcie na drugiej siatce sterującej s_3 ⁷. Zastosowana tam lampa sześcieelektrodowa – heksoda – posiada oprócz dwóch siatek sterujących s_1 i s_3 siatki ekranujące s_2 i s_4 izolujące siatki sterujące od siebie i od anody i usprawniające w ten sposób pracę lampy. W elementach półprzewodnikowych ich funkcje nie są potrzebne dlatego funkcjonalnym odpowiednikiem heksody jest albo polowy tranzystor dwubramkowy MOSFET (BF961 itp.) albo układ kaskody tranzystorowej, w której oba tranzystory są połączone w szereg. Oprócz elektrody emitującej i zbierającej elektrony w obwodzie wyjściowym występują jedynie dwie elektrody sterujące.

Podobnie jak w przykładzie z ilustracji 1.1.1 w obwodzie pierwszej siatki znajduje się obwód rezonansowy L_1C_1 , a sprzężenie zwrotne zapewnia cewka L_3 . Zmiany nachylenia charakterystyki anodowej (wypadkowo wzmocnienia) powodowane są przez zmianę napięcia na siatce sterującej s_3 – bardziej ujemne napięcie powoduje obniżenie wzmocnienia i w końcu przerwanie drgań, a bardziej dodatnie ich wzmocnienie. W przykładowym rozwiązaniu doprowadzone jest do niej napięcie zmienne z generatora wygaszającego. Wzbudzenie nie następuje nagle od zera do pełnej amplitudy drgań. Obwód zaczyna drgać początkowo z małą amplitudą pobudzony przez przypadkowe impulsy szumów i zakłóceń lub przez odbierany sygnał w.cz., a następnie amplituda narasta wykładniczo do wartości maksymalnej jak to pokazano na rys. 1.1.3. Ponieważ amplituda napięcia szumów czyli punkty początkowe narastania drgań zmieniają się w sposób przypadkowy przy braku sygnału odbieranego na wyjściu odbiornika słyszalny jest silny (syczący lub bulgoczący) szum.



Rys. 1.1.3. Sposób narastania i wygaszania impulsu napięcia w.cz. w układzie superreakcyjnym

Na ilustracji napięcie narasta wykładniczo w czasie $t_1 - t_0$ przy czym moment osiągnięcia maksymalnej amplitudy t_1 zależy od początkowej wartości napięcia w momencie t_0 , częstotliwości rezonansowej i dobroci od tłumionego obwodu rezonansowego (a więc pośrednio od wielkości sprzężenia zwrotnego). Napięcie narasta tym szybciej, czym większa jest dobroć od tłumianego obwodu i częstotliwość jego rezonansu.

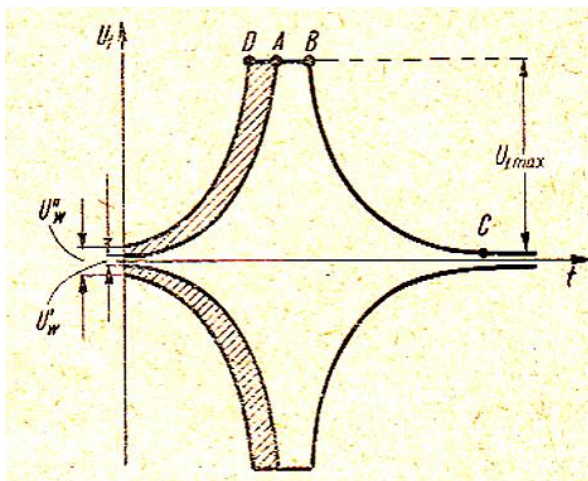
⁷ W pentodach i tetrodach wzmocnienie można regulować także za pomocą napięcia na siatce ekranującej. W stopniach z reakcją regulowano w ten sposób stopień sprzężenia zwrotnego.

Po osiągnięciu maksymalnej amplitudy drgania trwają przez czas $t_2 - t_1$ zależny również od częstotliwości wygaszania. W układzie z rysunku 1.2 napięcie wygaszające pochodzi z dodatkowego generatora – jest to więc odbiornik z wygaszaniem obcym. W momencie t_2 napięcie wygaszające doprowadzone do siatki s_3 spada do poziomu uniemożliwiającego spełnienie warunku generacji i drgania zaczynają gasnąć wykładniczo w czasie $t_3 - t_2$ – aż do spadku napięcia na obwodzie rezonansowym do poziomu szumów – z szybkością zależną od tłumienia (strat) w obwodzie. Proces ten powtarza się cyklicznie z częstotliwością napięcia wygaszającego.

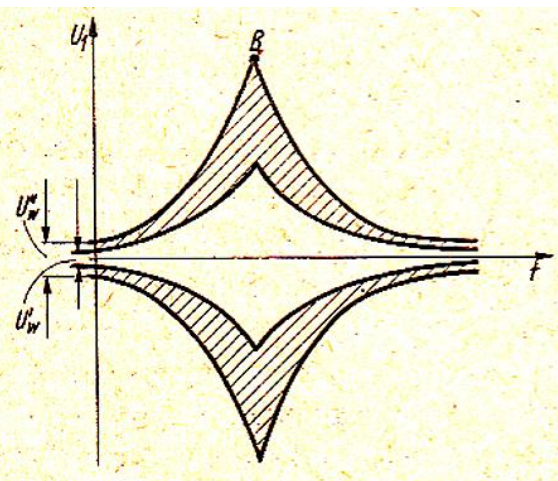
O ile bez obecności sygnału odbieranego amplitudę początkową określa poziom szumów własnych i ewentualnych zakłóceń, o tyle po dostrojeniu odbiornika do odbieranego nadajnika napięcie początkowe zależy od chwilowej siły sygnału użytecznego. Narastanie rozpoczyna się od wyższego poziomu i przez to szybciej osiągana jest amplituda maksymalna. Proces zanikania drgań nie ulega zmianie, a więc zmienia się czas $t_2 - t_1$ generacji z maksymalną amplitudą. Połowa powierzchni impulsu generowanego zajmuje więc większą powierzchnię przy wyższej amplitudzie początkowej (rys. 1.1.4 – por. powierzchnie ABC lub DBC).

Lampa pracuje jednocześnie jako detektor amplitudy – AM. Po wyprostowaniu powstających impulsów napięcia w.cz. w prądzie anodowym pojawiają się impulsy prądowe o stałej częstotliwości powtarzania równej częstotliwości przebiegu wygaszającego.

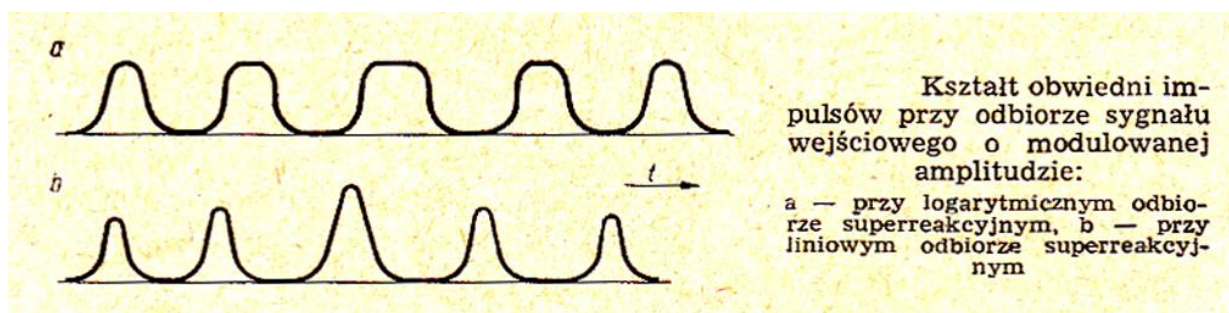
Średnia wartość prądu anodowego zależy od powierzchni poszczególnych impulsów. Szersze impulsy oznaczają wzrost prądu. Wahania amplitudy odbieranego napięcia na obwodzie rezonansowym są więc odwzorowane w składowej zmiennej m.cz. prądu anodowego stopnia superreakcyjnego. Odbiornik taki może być więc stosowany bezpośrednio do odbioru sygnałów AM. Odbiór modulacji FM wymaga przetworzenia sygnału z modulacją częstotliwości na modulację ich amplitudy na zboczu krzywej rezonansowej.



Rys. 1.1.4. Narastanie impulsów napięcia w.cz. w układzie superreakcyjnym logarytmicznym przy różnych poziomach napięcia wejściowego

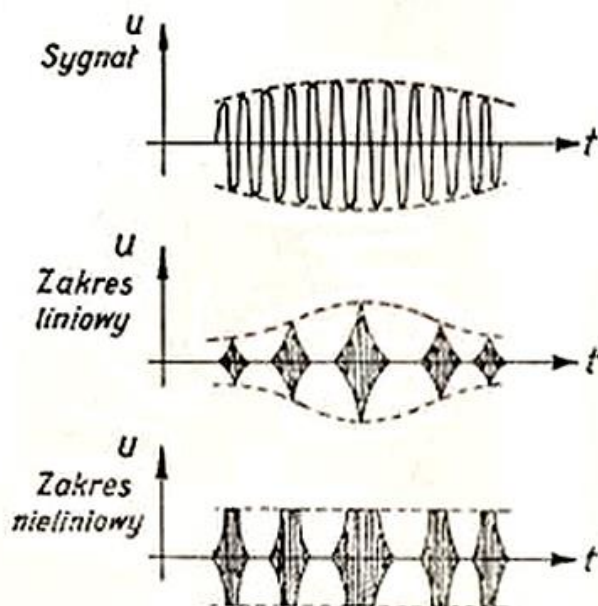


Rys. 1.1.5. Narastanie impulsów napięcia w.cz. w układzie superreakcyjnym liniowym przy różnych poziomach napięcia wejściowego

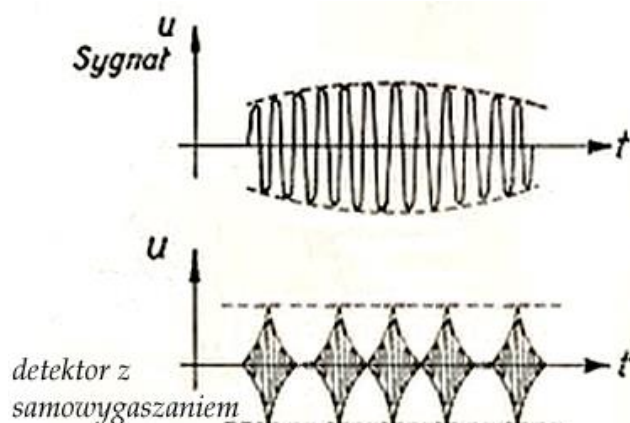


Rys. 1.1.6. Zaokrąglony kształt impulsów w układzie rzeczywistym

Powstaje jednak zagadnienie liniowości charakterystyki demodulacji czyli zależności między głębokością modulacji AM i uzyskiwanym napięciem m.cz. W omawianym układzie superreakcyjnym napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do przyrostu powierzchni impulsu czyli do zakreskowanej powierzchni na rysunku 1.1.4. Zależność ta nie jest jednak liniowa lecz logarytmiczna. Wskutek tego do głębokości modulacji amplitudy nie przekraczającej 50% można przyjąć, że przebieg charakterystyki demodulacji jest w przybliżeniu liniowy, natomiast przy większej głębokości wystąpią silne zniekształcenia nieliniowe. Przy odbiorze sygnałów FM na charakterystykę demodulacji będzie miał oczywiście ponadto dobór punktu pracy na zboczu krzywej rezonansowej i sam kształt tego zbocza. Logarytmiczna charakterystyka detektora oznacza, że różnice siły sygnału na wyjściu są mniejsze niż różnice na wejściu – jest to więc efekt podobny do działania automatycznej regulacji wzmacnienia ARW (bez wpływu stałej czasu). Odbiorniki superreakcyjne są niewrażliwe na zakłócenia impulsowe odebrane w czasie maksymalnej amplitudy drgań lub w czasie ich wygaszenia – co daje statystycznie pewne obniżenie wrażliwości odbiornika na zakłócenia tego typu. Tylko część z nich wypada w fazach narastania lub zanikania drgań. Najsilniej wzmacniane są impulsy występujące na początku okresu narastania drgań, a w późniejszych momentach narastania są one wzmacniane odpowiednio słabiej. Układy pracujące w trybie nieliniowym są mniej wrażliwe na zakłócenia impulsowe niż układy pracujące w trybie liniowym.



Rys. 1.1.7. Obwiednia przebiegów w układzie superreakcyjnym przy odbiorze sygnałów zmodulowanych



Rys. 1.1.7.a. W detektorze z samowygaszaniem zmienia się częstotliwość relaksacji

Charakterystykę detekcji AM można znacznie poprawić zmieniając lekko sposób pracy stopnia superreakcyjnego. Przez właściwy dobór częstotliwości wygaszania przebiegu na siatce s3 można nie pozwo-

lic na osiągnięcie przez amplitudę napięcia generowanego wartości maksymalnej (z rys. 1.1.3 i 1.1.4). Najlepiej przerwać narastanie amplitudy tuż przed osiągnięciem tego maksimum. Pracę układu superreakcyjnego w takich warunkach przedstawia rys. 1.1.5. Również i tu napięcie wyjściowe m.cz. jest proporcjonalne do przyrostu powierzchni impulsu w.cz. jednak zależność ta jest w tym przypadku liniowa w szerokich granicach współczynnika głębokości modulacji amplitudy. Ten tryb pracy nosi nazwę trybu liniowego – przebieg obwiedni szczytów impulsów odpowiada obwiedni modulacji, podczas gdy w trybie nieliniowym obwiednia miała stały poziom. Tryb liniowy nadaje się doskonale do odbioru sygnałów z modulacją amplitudy i zapewnia wyższą jakość odbioru aniżeli tryb nieliniowy, ale jego wadą jest duża zależność wzmocnienia od napięć zasilających lampę. Należy w tym przypadku dbać o ich dobrą stabilizację.

W rzeczywistości kształty impulsów odbiegają w pewnym stopniu od przedstawionych poprzednio. Ostre załamania obwiedni są zaokrąglone jak to widać na rys. 1.1.6.

Przy braku sygnału użytecznego narastanie impulsów napięcia w.cz. określają szumy elementów wzmacniających i pozostałych obwodów odbiornika. Są one identycznie wzmacniane jak napięcia użyteczne i pojawiają się w paśmie akustycznym na wyjściu odbiornika z dużym poziomem. Dopiero przy odpowiednio wysokim sygnale pożądanym kształt impulsów jest od niego zależny i następuje wyciszenie szumów.

Pojedynczy stopień superreakcyjny ma bardzo duże wzmocnienie. Napięcia wejściowe rzędu kilku mikrowoltów dają na wyjściu lampy różnice napięć kilku woltów co oznacza wzmocnienia rzędu miliona. Wzmocnienie zależy od częstotliwości pracy ponieważ przy wyższych częstotliwościach w okresach narastania zawarty jest więcej cykli w.cz. co daje możliwości uzyskania większych amplitud. Poniżej 4 – 5 MHz czułość odbiornika szybko spada gdyż częstotliwość wygaszania musi być niesyszalna i czas narastania jest zbyt krótki dla uzyskania większych wzmocnień.

Dobór częstotliwości wygaszania

Dla zapewnienia dobrej pracy odbiornika wybór częstotliwości wygaszania nie może być zupełnie dowolny. Ich zakres jest od dołu ograniczony tym, że nie mogą one wypadać w paśmie słyszalności ponieważ powodowałyby powstanie stałego zakłócającego tonu. W praktyce muszą one być co najmniej dwukrotnie wyższe od najwyższej przenoszanej częstotliwości m.cz. – dla odbiornika o paśmie przenoszenia 10 kHz nie powinna ona być niższa od 20 kHz. W praktyce zalecane jest aby częstotliwość wygaszania leżała w pobliżu podwójnej maksymalnej częstotliwości odtwarzania m.cz.

Częstotliwość wygaszania jest również ograniczona od góry. Jak wynika z rys. 1.1.3. czasy narastania i zaniku generowanego przebiegu są ściśle określone. Przy zbyt wysokiej częstotliwości wygaszania jej okres był na tyle krótki, że napięcie na obwodzie rezonansowym nie zdąży osiągnąć wartości maksymalnej w fazie narastania lub nie zdąży zupełnie zaniknąć w fazie opadania. W rezultacie uzyskuje się mniejsze powierzchnie różnicowe – zakreskowane na ilustracjach 1.1.4 i 1.1.5 – co oznaczało mniejszą czułość. Czas trwania faz zmian amplitudy zależał od dobroci czyli tłumienia lub odtłumiania obwodu rezonansowego i częstotliwości rezonansu. Pierwszy czynnik zależał od układu i zastosowanej lampy a więc o maksymalnej częstotliwości wygaszania decydował czynnik drugi. Im niższa częstotliwość odbioru tym mniejsza musi być maksymalna dopuszczalna częstotliwość wygaszania. W tym tkwi zasadnicza przyczyna tym lepszej na ogół pracy odbiornika superreakcyjnego im wyższa jest częstotliwość odbieranego sygnału w.cz. W praktyce odbiornik superreakcyjny na fale średnie (taki jak odbiornik Stefana Manczarskiego z 1923 roku) w ogóle nie jest praktycznie użyteczny, natomiast stosując go w zakresie krótkofalowym można otrzymać dość dobre wyniki przy właściwym doborze warunków pracy układu.

Układ superreakcyjny może zapewnić skuteczny odbiór dopiero przy częstotliwościach powyżej 20 MHz. Jednak jeszcze w zakresie 20 – 30 MHz konieczne jest dobranie możliwie małej częstotliwości wygaszania. Częstotliwości wygaszania przekraczające 30 kHz powodowały w tym przypadku znaczne zmniejszenie czułości odbiornika. Dopiero w zakresie fal ultrakrótkich można było w pełni wykorzystać zalety odbioru superreakcyjnego po odpowiednim zwiększeniu częstotliwości wygaszania do praktycznie osiągalnej granicy 70 – 80 kHz.

Selektywność – dobór kształtu krzywej napięcia gaszącego

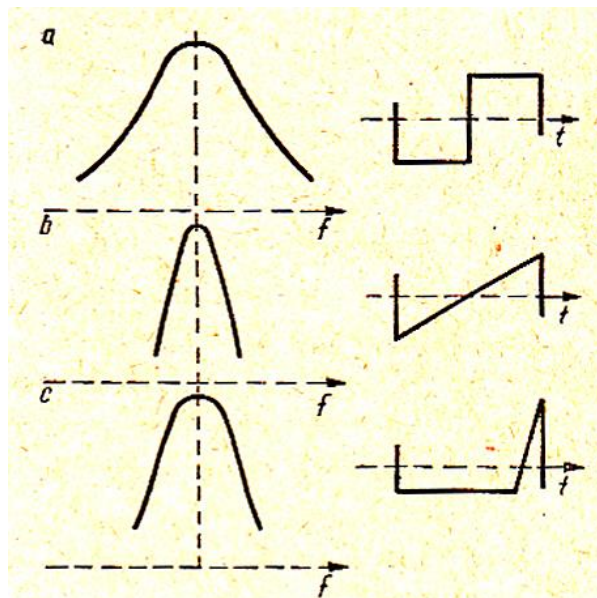
Podane na rysunkach 1.1.4 i 1.1.5 kształty impulsów napięcia w.cz. odpowiada prostokątnemu przebiegowi napięcia gaszącego (napięcie przyjmuje pełną wartość dodatnią w momencie $t = t_0$ i pełną wartość ujemną w momencie $t = t_2$). Jeśli napięcie wygaszające ma inny kształt, na przykład przebiegu zębatego fazy wzbudzenia i wygaszania przebiegają inaczej powodując zmianę kształtu impulsów w.cz. i ich powierzchni. Wpływa to nie tylko na czułość odbiornika superreakcyjnego, ale także na kształt jego charakterystyki selektywności.

Spośród wielu możliwych trzeba porównać przypadki dwóch krzywych o szczególnie charakterystycznych kształtach.

1. Przebieg prostokątny, przy którym wzbudzenie i wygaszanie drgań następuje nagle, a jego przebieg zależy wyłącznie od właściwości obwodu rezonansowego w dwóch krańcowych stanach równowagi energetycznej.

2. Przebieg zębaty, przy którym przejście z jednego stanu w drugi następuje stosunkowo powoli, wskutek czego proces wzbudzenia i wygaszania drgań zależy zarówno od własności obwodu rezonansowego, jak też i od chwilowej wartości nachylenia charakterystyki prądu anodowego lampy, zmienianej przez napięcie gaszące w okresie stanu nieustalonego.

Nagła zmiana współczynnika nachylenia lampy przy prostokątnym przebiegu napięcia wygaszającego daje w wyniku bardzo szeroką krzywą selektywności. Odbiornik o takiej krzywej selektywności wykazuje wprawdzie dużą czułość przy odbiorze sygnałów AM, jednak przy odbiorze FM będzie na pewno znacznie gorsza. Wynika to z samej zasady demodulacji FM na zboczach krzywej rezonansowej. Płaska krzywa selektywności nie ma dostatecznie dużej stromości zbocza, sprawność przemiany modulacji FM $\rightarrow$ AM jest dużo gorsza, a więc celowość stosowania takiego rozwiązania odbiornika do odbioru FM jest bardzo wątpliwa.



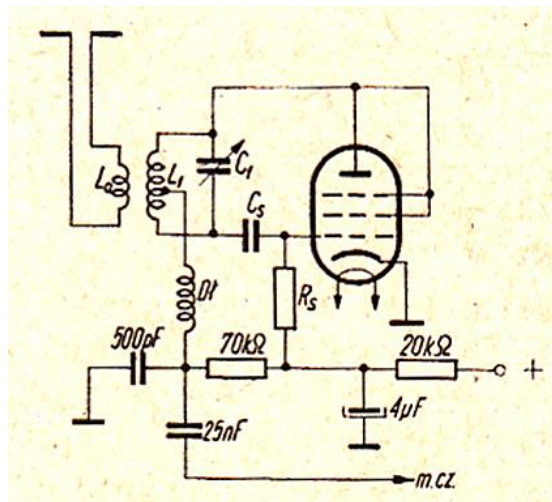
Rys. 1.1.8. Zależność kształtu krzywej selektywności odbiornika superreakcyjnego od kształtu impulsów napięcia gaszącego

W przeciwieństwie do odbiorników z prostokątnym napięciem wygaszającym odbiorniki z przebiegiem zębatym uzyskują dość ostrą charakterystykę selektywności, tym węższą im wolniej narasta napięcie wygaszające. Są one dzięki temu bardziej przydatne do odbioru modulacji FM. Istnieje nawet niebezpieczeństwo zbytniego zawężenia charakterystyki selektywności przy bardzo łagodnym przebiegu napięcia zębatego. W tym przypadku występują trudności w demodulacji sygnałów o dużej dewiacji (rzędu 50 kHz) bez niedopuszczalnych zniekształceń nieliniowych. Niebezpieczeństwo to nie występuje przy wąskopasmowej modulacji FM (NBFM) stosowanej przez krótkofalowców, chociaż w dawniejszych czasach krótkofalowcy nie byli zmuszeni do stosowania tak wąskich dewiacji jak obecnie.

Związek między kształtem krzywej napięcia gaszącego i selektywnością przedstawia rysunek 1.1.8. Rysunki 1.1.8a i 1.1.8b odpowiadają krańcowym przypadkom napięcia zębatego i prostokątnego. Jeśli

zastosować napięcie gaszące o pośrednim kształcie krzywej, a więc na przykład takim, jakie widać na rysunku 1.8c otrzymuje się krzywą rezonansową również o wartościach pośrednich między krzywymi z rysunków a i b. Im bardziej przy tym strome tym większa selektywność.

Stopień superreakcyjny z samowygaszaniem



Rys. 1.1.9. Schemat odbiornika superreakcyjnego z samowygaszaniem



Rys. 1.1.10. Kształt impulsów prądowych w obwodzie anodowym lampy układu superreakcyjnego z samowygaszaniem

Oprócz układów z wygaszaniem obcym jak przedstawiony na rysunku 1.1.2 (układu Armstronga) znacznie częściej w praktyce występowały układy z samowygaszaniem (układy Flewellinga). Napięcie wygaszające miało w nich kształt zbliżony do przedstawionego na rysunku 1.1.8c. Różnił się on tym od układu z wygaszaniem obcym tym, że napięcie gaszące było wytwarzane przez lampę (później tranzystor) generatora, a nie doprowadzane z zewnątrz z drugiego stopnia. Sytuacja taka powstaje w zwykłym układzie reakcyjnym przy odpowiednim dobraniu stałej czasowej kombinacji opornika R_s i kondensatora C_s w obwodzie siatkowym. Musiała ona być znacznie większa aniżeli w zwykłym stopniu wzmacniającym. Układy takie jako prostsze, zawierające mniej elementów, zwłaszcza wzmacniających (elementów czynnych) były częściej stosowane w konstrukcjach amatorskich. Po wzbudzeniu się układu następuje ładowanie kondensatora C_s . Wytwarzający się na siatce sterującej potencjał ujemny spowoduje po pewnym czasie zerwanie drgań i ich stopniowy zanik. Z kolei kondensator C_s rozładowuje się przez opornik R_s i potencjał siatki ponownie wzrasta do wartości dodatnich. Powiększające się nachylenie charakterystyki lampy osiąga w pewnym momencie wartość, przy której następuje ponowne wzbudzenie się stopnia. W ten sposób powstają okresowe drgania układu zwane relaksacjami.

Stan taki najłatwiej wywołać stosując bardzo dużą oporność siatkową R_s rzędu 3 – 10 MΩ i przyłączając opornik nie jak zazwyczaj do katody, ale do napięcia zasilania anody jak to pokazano na schemacie 1.9. Dzięki temu zwiększa się nachylenie charakterystyki lampy w momencie wzbudzenia drgań, co ułatwia pracę relaksacyjną stopnia. Przy dostatecznie silnym sprzężeniu zwrotnym często okazuje się zbędne takie doprowadzenie dodatkowego napięcia na siatkę sterującą. Wystarczy wówczas włączenie opornika R_s stosowane w zwykłych odbiornikach reakcyjnych.

Układ z samowygaszaniem pracuje w trybie nieliniowym (z w przybliżeniu logarytmiczną zależnością między napięciem sygnału wejściowego i zdetekowanego), a ponieważ czas narastania do osiągnięcia maksymalnej amplitudy i zmiany punktu pracy na powodujący zaprzestanie drgań jest zależny od

amplitudy początkowej częstotliwość wygaszania zmienia się w takt modulacji. Selektywność układu z samowygaszaniem jest gorsza niż w przypadku układu pracującego w trybie liniowym. Ogólnie rzecz biorąc praca w trybie nieliniowym powoduje spłaszczenie charakterystyki rezonansu i przez to poszerzenie pasma przenoszenia.

Kształt impulsów prądu płynącego przez lampę układu superreakcyjnego z samowygaszaniem przedstawiono na rysunku 1.1.10. Daje on pojęcie o charakterze przebiegu napięcia gaszącego na siatce lampy. Widać na nim podobieństwo do przebiegu z rysunku 1.1.8c. Im ostrzejsze kolano krzywej w punkcie 1, tym szersza jest krzywa selektywności i odwrotnie. Wpływ na to ma zarówno wielkość sprzężenia zwrotnego jak i częstotliwość wygaszania. Zwiększenie obu tych wielkości daje wypadkowo ostrzejsze kolano w punkcie 1 i poszerzenie krzywej selektywności. Znaczny wpływ na przebieg impulsów ma również charakterystyka lampy. Zwykle lampy z ostrym odcięciem prądu anodowego dają silniej załamane kolano krzywej niż lampy z rozciągniętą charakterystyką. Wobec tego naogół pentody regulacyjne (selektody), mające wyraźnie malejące nachylenie charakterystyki dla silniej ujemnych potencjałów siatki, dają w tym samym układzie nieco ostrzejszą selektywność niż zwykłe lampy o niemal prostoliniowym przebiegu charakterystyki.

Częstotliwość relaksacji (wygaszania) można zmieniać przez zmianę stałej czasowej $R_s C_s$. Zmienia się ona również w zależności od dodatniego napięcia doprowadzonego do siatki (rys. 1.1.9). Zresztą w odbiorniku tym każda zmiana w układzie i każde przesunięcie punktu pracy lampy wpływa na wszystkie pozostałe parametry układu. Na przykład zmiana sprzężenia zwrotnego zmienia równocześnie częstotliwość relaksacji i kształt impulsu. Podobny wpływ ma zmiana napięcia zasilającego. Wobec tego nie jest możliwe ustalenie ogólnie obowiązujących wskazówek w jakich warunkach można osiągnąć najlepsze działanie układu. Można jedynie zwrócić uwagę na następujące objawy stanu pracy układu superreakcyjnego z samowygaszaniem:

1. Relaksacje występują jedynie wówczas gdy lampa wykazuje skłonności do drgań (do generacji). Przy zbyt małym sprzężeniu nastąpi wprawdzie wzbudzenie układu ale nie typu relaksacyjnego. Stan taki łatwo rozpoznać po tym, że przy dostrajaniu się do odbieranego sygnału słychać wprawdzie charakterystyczny gwizd interferencyjny, ale odbiornik nie szumi. Należy wówczas zwiększyć sprzężenie zwrotne lub, o ile to możliwe, podwyższyć napięcie zasilające.
2. Przy zbyt silnym sprzężeniu zwrotnym może znów wystąpić niezupełne wygaszanie impulsów napięcia w.c.z. Nim zaniknie poprzedni impuls rozpoczyna się narastanie kolejnego. Odbiornik również jak w poprzednim przypadku nie szumi, ale przy dostrajaniu do odbieranego sygnału nie słychać gwizdu interferencyjnego. Możliwy jest odbiór tylko bardzo silnych sygnałów.
3. Przy sprzężeniu ustawionym pomiędzy tymi przypadkami układ superreakcyjny prawidłowo szumi i daje normalny odbiór. Odbiór ten jest naogół tym silniejszy, im luźniejsze jest sprzężenie zwrotne. Jednak przy zbyt małym sprzężeniu następuje przejście od superreakcji do prostej pracy reakcyjnej, objawiające się tym, że zamiast pojedynczego, ściśle określonego dostrojenia odbiór występuje w całym szeregu blisko siebie leżących punktów na skali odbiornika. Jest to efekt podobny do tego jaki obserwuje się przy dostrajaniu do odbieranego sygnału UKF FM nieprawidłowo działającego zwykłego odbiornika, w którym występują drgania własne. Usunąć tę wadę można przez odpowiednie zwiększenie sprzężenia.

Jak wynika z powyższego opisu odbiorniki superreakcyjne były dosyć skomplikowane w obsłudze i w trakcie przetrwania wymagały ewentualnych korekt sprzężenia zwrotnego. Sprzężenie leży w pożądanym zakresie gdy z odbiornika słyszalny jest silny szum. Można powiedzieć, że skomplikowana obsługa była ceną płaconą za prostotę i duże wzmocnienie układu.

Zwalczanie zakłócającego promieniowania odbiorników superreakcyjnych.

Odbiorniki superreakcyjne mają tę zasadniczą wadę tkwiącą w samej istocie działania, że mogą wywołać bardzo silne zakłócenia promieniowaniem własnym, znacznie bardziej dokuczliwe niż zakłócenia powodowane przez odbiorniki reakcyjne. Odbiornik reakcyjny generuje przy zbyt dużym sprzężeniu zwrotnym częstotliwości zakłócające w stosunkowo wąskim paśmie. Natomiast odbiorniki superreakcyjne, pracujące impulsowo powodują zakłócenia w znacznie szerszym paśmie częstotliwości zawierającym dodatkowo składowe leżące w odległości częstotliwości wygaszania i jej harmonicznym. W zależności od natężenia pola nadajnika UKF FM odbiornik taki może znacznie zakłócić odbiór w promieniu dochodzącym do 100 m, uniemożliwiając w tym obszarze odbiór innym radioabonentom.

W przypadku kilku odbiorników superreakcyjnych znajdujących się w bliskiej odległości od siebie powstają szerokie widma sygnałów interferencyjnych wszystkich tych składowych, które w przypadku odbiorników z samowygaszaniem mogą na dodatek mieć zmienne częstotliwości. W zastosowaniach krótkofalarskich, gdzie sygnały stacji były znacznie słabsze niż sygnały stacji radiofonicznych sprawa zakłóceń była jeszcze krytyczniejsza.

Konieczne było więc przedsięwzięcie środków utrudniających promieniowanie tego rodzaju niedopuszczalnych zakłóceń. W praktyce wystarczającym zabezpieczeniem było zastosowanie co najmniej jednego wejściowego stopnia separatora – oddzielającego układ superreakcyjny od anteny. Mógł być to albo zwykły stopień wzmacniacza UKF albo stopień przemiany częstotliwości, dzięki czemu stopień superreakcyjny pracował na częstotliwości pośredniej. W układzie ze wzmacniaczem separującym istnieje natomiast duże niebezpieczeństwo, że pracujący na częstotliwości wejściowej obwód stopnia superreakcyjnego mimo obecności wzmacniacza separującego sygnał zakłócający będzie przenikał do anteny w wyniku sprzężenia obydwu obwodów. Konieczne jest więc również ekranowanie obu obwodów i zablokowanie dławikami wszystkich doprowadzeń. W układzie można zastosować podwójną lampę triodę-pentodę lub dwie lampy pojedyncze: pentodę we wzmacniaczu separującym i triodę w stopniu superreakcyjnym. Konkretnie typy lamp zależały od okresu czasu.

1.2. Reakcja

Reakcją nazywany był układ dodatniego sprzężenia zwrotnego. Sprzężenie zwrotne polega na doprowadzeniu części energii wzmacnionego sygnału do jego wejścia. Sygnał ten może być doprowadzony w fazie zgodnej z sygnałem sterującym – jest to wówczas dodatnie sprzężenie zwrotne ponieważ oba sygnały dodają się amplitudowo – lub w fazie przeciwnej. Sygnały odejmują się amplitudowo od siebie – mówimy więc o ujemnym sprzężeniu zwrotnym. W układach z rysunków 1.1.1. i 1.1.2 sygnał sprzężenia zwrotnego jest doprowadzony do wejścia za pośrednictwem cewki L3.

Dodatnie sprzężenie zwrotne powoduje wypadkowo wzrost poziomu sygnału na wyjściu stopnia wzmacniającego czyli wzrost jego wzmocnienia. Uzyskanie możliwie dużego wzmocnienia w pojedynczym stopniu było istotne w czasach kiedy ceny lamp (a później tranzystorów) były wysokie i możliwość ograniczenia ich liczby w układzie wpływała wyraźnie na cenę konstrukcji.

Do wejścia doprowadzona była tylko stosunkowo niewielka część sygnału wzmacnionego, można tu więc mówić o stosunku podziału energii. Iloczyn wzmocnienia stopnia i stosunku podziału nazywany jest wzmocnieniem w pętli sprzężenia zwrotnego. Jeżeli iloczyn ten jest równy jedności w układzie spełniony jest warunek amplitudy dla jego wzbudzenia – generacji napięcia o częstotliwości ustalonej przez jego rezonans własny. Drugim warunkiem generacji jest warunek fazy – sygnał sprzężenia zwrotnego musi być doprowadzony w fazie zgodnej z sygnałem wejściowym. Dopiero spełnienie obydwu warunków powoduje, że wzmacniacz zaczyna pracować jako generator. Ponieważ pojedynczy stopień wzmacniacza ze wspólną katodą (we wzmacniaczach lampowych), ze wspólnym emiterym albo źródłem (we wzmacniaczach tranzystorowych powoduje odwrócenie fazy o 180° cewkę reakcji należało włączyć tak, aby dawało to dodatkowe przesunięcie fazy o 180° – czyli tak by była ona nawinięta w kierunku przeciwnym niż cewka obwodu rezonansowego.

Sygnał doprowadzony przez gałąź sprzężenia zwrotnego kompensuje w pewnym stopniu straty w obwodzie rezonansowym co oznacza wypadkowo wzrost jego dobroci, a więc zawężenie pasma przenoszenia.

W odbiornikach emisji AM sprzężenie zwrotne nie powinno doprowadzać do wzbudzenia drgań ponieważ dochodzi do interferencji (zdudniania) drgań własnych z nośną odbieranej stacji. Jednocześnie siła sprzężenia zwrotnego nie powinna doprowadzić do nadmiernego zawężenia pasma przenoszenia ponieważ ucierpi na tym zrozumiałość (jakość) odbioru. Przy odbiorze telegrafii (CW) i emisji SSB detektor powinien pracować nieco powyżej punktu wzbudzenia – drgania własne zastępują więc wytłumioną nośną SSB lub po zdudnieniu z sygnałem telegraficznym umożliwiają jego odbiór na słuch. Zbyt silne sprzężenie powoduje jednak obniżenie czułości odbiornika, dlatego też i w tym przypadku powinien on pracować możliwie blisko punktu wzbudzenia.

Jeżeli wzbudzenie drgań powoduje takie przesunięcie punktu pracy na charakterystyce lampy (lub tranzystora) że wzmocnienie wzrasta następuje gwałtowny wzrost amplitudy drgań – mówimy wówczas o twardej reakcji. Natomiast gdy przesunięcie punktu pracy skutkuje obniżeniem wzmocnienia drgania narastają wolniej i łagodnie – jest to tzw. miękka reakcja.

W zależności od sposobu doprowadzenia sygnału sprzężenia zwrotnego można rozróżnić następujące podstawowe układy: układ z dodatkową cewką czyli transformatorem w.cz. – układ Meissnera, układ z dodatkowym odczepem na cewce obwodu rezonansowego – tzw. układ trójpunktowy (Hartleya) i układ z dzielnikiem pojemnościowym w obwodzie rezonansowym – układ Colpittsa. Istnieje wiele odmian tych podstawowych układów, noszących nazwy pochodzące od nazwisk ich konstruktorów. Jednym z rozwiązań szczególnych jest układ złożony z dwóch stopni, z których każdy odwraca fazę sygnału o 180° . Część sygnału wzmacnionego może być więc podawana na wejście bez odwracania fazy.

W okresie międzywojennym rozwiązania odbiorników nosiły oznaczenia takie jak 0-V-1, 1-V-2 itd. Literą V oznaczany był stopień detekcyjny (z reakcją lub bez) – od angielskiego słowa oznaczającego wentyl, liczba poprzedzająca oznaczała liczbę stopni wzmacnienia wielkiej częstotliwości (w.cz.) a liczba następująca po nim – liczbę stopni m.cz. Odbiornik 0-V1 składał się z detektora i pojedynczego stopnia wzmacnienia niskiej częstotliwości (wystarczającego naogół tylko do odbioru na słuchawki), a 1-V-2 zawierał pojedynczy wzmacniacz w.cz., detektor i dwustopniowy wzmacniacz m.cz. – wystarczający do odbioru głośnikowego. W praktyce nie spotykało się układów z więcej niż jednym stopniem wzmacnienia w.cz. ze względu na niebezpieczeństwo wzbudzania się i trudność równoległego strojenia większej liczby obwodów rezonansowych.

W miarę wchodzenia do użytku układów superheterodynowych (czyli z przemianą częstotliwości) ten system oznaczeń zanikł.

Ujemne sprzężenie zwrotne było natomiast i jest stosowane do poprawy jakości dźwięku (zmniejszenia stopnia zniekształceń) we wzmacniaczach m.cz.

1.3. Edwin Armstrong

Zasada reakcji została odkryta przez Edwina Howarda Armstronga w 1912 roku. W 1919 roku opatentował on układ superheterodyny a w 1921 – układ supereakcyjny. Od 1928 roku rozpoczął badania właściwości modulacji FM i prace nad jej wprowadzeniem do użytku. W latach 1936 – 37 rozpoczęto próby z wprowadzeniem modulacji częstotliwości w radiofonii najpierw w paśmie 41 – 44 MHz, a następnie – 42 – 50 MHz. Od 1945 roku radiofonia FM otrzymała w USA pasmo 88 – 108 MHz. Popularność stacji FM w USA osiągnęła poziom popularności stacji AM dopiero w latach 60-tych XX wieku.

Dewiacje częstotliwości stosowane w radiofonii z modulacją częstotliwości wynosiły 50 lub 75 kHz, obecnie stosowana jest dewiacja 75 kHz – co odpowiada szerokości kanałów 200 lub 300 kHz.

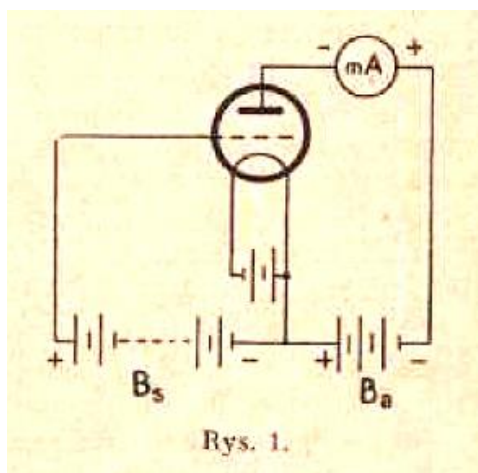
W radiokomunikacji, w tym w radiokomunikacji amatorskiej, modulacja częstotliwości weszła do użytku po II wojnie światowej. Początkowo odstęp międzykanałowe wynosiły 50 kHz, następnie zmniejszono je do 25 kHz, a obecnie – do 12,5 kHz (co wymaga ograniczenia dewiacji do 2,5 kHz).

1.4. Generator Barkhausena-Kurza

W objaśnieniu zasady działania generatora Barkhausena-Kurza (B.-K.) autor oparł się na artykule prof. (wówczas jeszcze inż.) S. Ryżki pt. „Generator fal decymetrowych w układzie Barkhausena i Kurza” zamieszczonym w numerze październikowym *Nowego Radjo-Amatora* z 1934 roku.

W artykule autor starał się nie ograniczać tylko do opisanie zasady działania ale zawarł w nim wskazówki praktyczne mające umożliwić zaawansowanym radioamatorom (krótkofalowcom) zbudowanie i wykorzystanie generatora w łącznościach radiowych i innych eksperymentach.

Zasadniczą cechą układu Barkhausena i Kurza (przedstawionego na rys. 1. na ilustracji 1.4.1) w porównaniu z innymi układami generatorów jest brak specjalnych obwodów oscylacyjnych oraz wzajemna zamiana wartości napięć anodowego i siatkowego. W układzie B.-K. Siatka posiada duży potencjał dodatni, anoda zaś zero lub niewielki ujemny. Fala elektromagnetyczna promieniowana przez ten generator powstaje dzięki drganiom elektronów wewnątrz lampy, dookoła siatki. Fizyczny mechanizm tych drgań można w przybliżeniu przedstawić w następujący sposób: elektrony emitowane przez rozżarzoną katodę płyną pod wpływem pola elektrycznego istniejącego między katodą i siatką ze wzrastającą szybkością w stronę siatki.

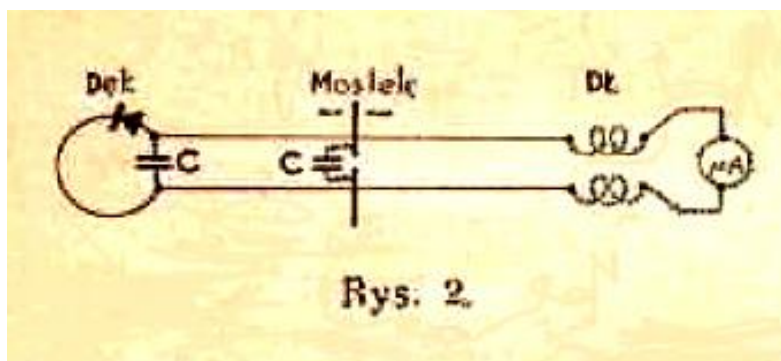


Rys. 1.4.1. Podstawowy schemat generatora Barkhausena – Kurza

Niektóre z nich nie trafiają w siatkę i przelatując przez nią dążą z rozpędu do anody. Ponieważ jednak potencjał anody jest niższy niż katody są one hamowane i nie dolatując do anody zawracają do siatki. Znowu część elektronów przelatuje przez siatkę i znowu może powrócić do niej. W ten sposób powstają oscylacje elektronów w lampie; drgania te mogą się w pewnych warunkach podtrzymywać, udzielając elektrodom lampy potencjałów szybkozmiennych, co powoduje powstanie fali elektromagnetycznej odpowiedniej długości.

Częstotliwość generatora B.-K., a zatem i długość fal elektromagnetycznych promieniowanych przez nadajnik zależy od długości drogi elektronów wewnątrz lampy oraz od napięcia siatki. Im ono wyższe tym krótsza fala jest generowana. Naogół im mniejsza jest średnica elektrod lampy oraz im większe jest napięcie siatkowe tym krótsza będzie otrzymywana fala.

Z lamp dostępnych wówczas na rynku do wytwarzania drgań w tym układzie najlepiej nadawały się lampy o cylindrycznym układzie elektrod z katodą wolframową, czyli lampy, które nie znajdowały już szerszego zastosowania w technice odbiorczej j.np. Philipsowskie E, Metal E2, Metal T, TA06/10 i PTR R.



Rys. 1.4.2. Falomierz z linią Lechera

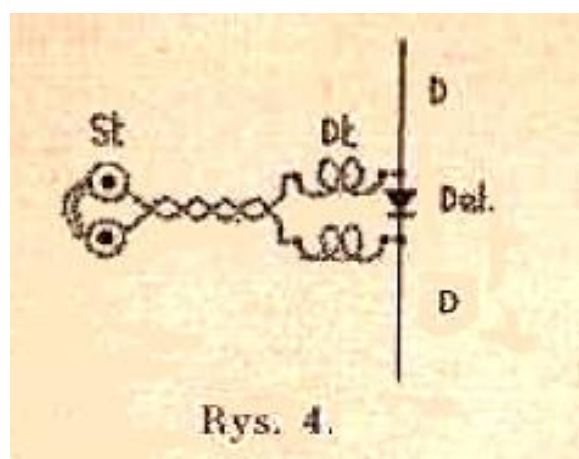
Ponieważ podczas pracy lampy w układzie B.-K. Największa moc wydzieleła się w siatce istotna była jej wytrzymałość na wysoką temperaturę. Pod tym względem najlepiej nadawały się lampy z siatką molibdenową. Specjalnie skonstruowana do tych celów lampa Telefunkena miała dopuszczalną moc strat w siatce 100 W. Pozwalała ona na otrzymanie około 5 watów mocy wyjściowej na fali około 50 cm.

Wskaźnikiem wzbudzenia się i obecności drgań mimo ujemnego napięcia anody była obecność prądu anodowego. Zjawisko to przyczyniło się do odkrycia B.-K. Prąd płynący w kierunku przeciwnym do siły elektromotorycznej baterii anodowej powoduje jej ładowanie.

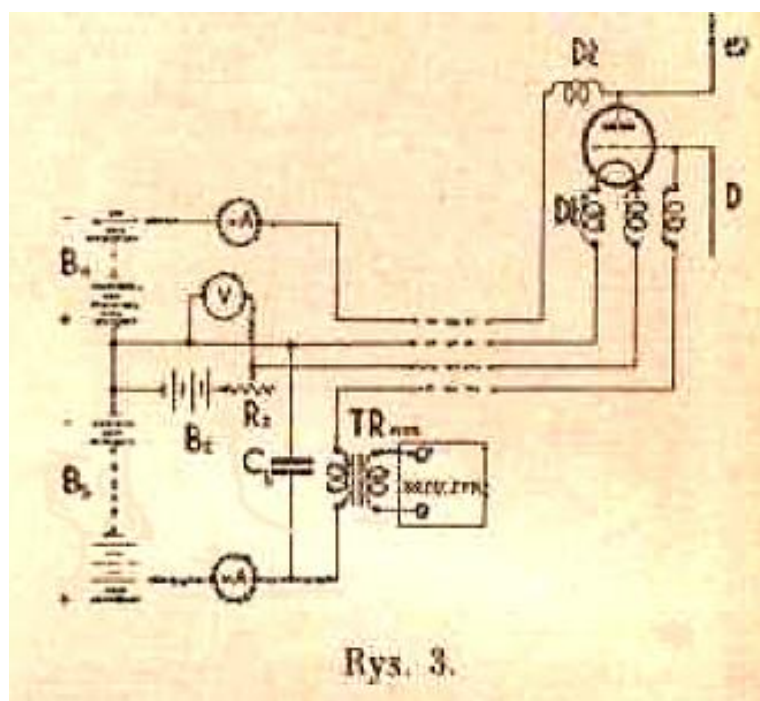
W przypadku gorszej próżni w lampie mógł płynąć jonowy prąd anodowy o kierunku przeciwnym do prądu płynącego podczas generacji drgań. Dla uniknięcia pomyłek ujemny biegun przyrządu należy połączyć z anodą lampy. Wychylenie miliamperomierza będzie świadczyć wówczas o generacji drgań.

Jako bezpośredni wskaźnik promieniowania nadajnika można było zastosować miliamperomierz termiczny (zwany wówczas również termomiliamperomierzem lub miliamperomierzem cieplikowym) umieszczonym w środku dipola półfalowego. Można było użyć również dobrego detektora i miliamperomierza prądu stałego lub nawet słuchawek (rys. 4 na ilustracji 1.4.4).

Falomierz z linią Lechera składa się z dwóch nieizolowanych przewodów miedzianych lub dwóch rurek umieszczonych równolegle w odległości kilku centymetrów od siebie. Na jednym końcu są one wygięte na kształt pętli, w której umieszczono detektor stykowy⁸. Na drugim końcu poprzez dławiki w.c.z. podłączony jest czuły mikroamperomierz. Wzdłuż przewodów można przesuwac zworę zwaną wówczas mostkiem utworzonym z dwóch kawałków blachy miedzianej izolowanych od siebie i połączonych za pomocą kondensatora (bezindukcyjnego, najlepiej mikowego) o pojemności kilku pF. Każdy z kawałków blachy jest w kontakcie z jednym z przewodów i dobry kontakt należy zapewnić w trakcie przesuwania zwory. Długość linii powinna wynosić 1,5 długości najdłuższej mierzonej fali.



Rys. 1.4.4. Układ do badania wzбудzenia się generatora



Rys. 1.4.3. Schemat nadajnika z generatorem B.-K.

⁸ Do najpopularniejszych detektorów stykowych należały wówczas galena z igłą stalową; następnymi pod tym względem parami były: karborund ze stalą, miedź z naturalnym pirytem, grafit ze stalą, siarczek żelazowo-miedziowy – cynkit – ze stalą, piryty ze złotem, cynkit z mosiądzem, karborund z mosiądzem i cynkit z aluminium, złotem lub tellurem

Pomiar długości fali wymagał zbliżenia pętli do generatora tak, aby mikroamperomierz wychylił się. Przesuwając zworę należało znaleźć dwa sąsiadujące maksima wychYLENIA przyrządu. Ich odległość odpowiadała połowie długości mierzonej fali. Dla wyeliminowania przypadkowych błędów pomiaru należało zmierzyć odległości wzajemne kilku kolejnych maksimów i obliczyć wartość średnią.

Schemat nadajnika radiofonicznego z generatorem B.-K. przedstawiono na rys. 3. na ilustracji 1.4.3. Napięcia zasilające lampę generatora są doprowadzone przez dławiki w.cz. Do anody i siatki dołączone są dwie połówki półfalowej anteny dipolowej. W obwodzie siatkowym lampy znajduje się układ modulatora złożony z brzęczyka i transformatora m.cz. TR. Dla transmisji fonicznej brzęczyk należało zastąpić przez mikrofon ze wzmacniaczem. Dławiki w.cz. należało wykonać ze sztywnego przewodu miedzianego na średnicy 1 cm. Ilość zwojów należało dobrać eksperymentalnie – dla fali 80 cm autor zalecał 15 zwojów.

W układzie z rys. 3 zastosowano modulację siatkową z uzwojeniem wtórnym transformatora włączonym w szereg z zasilaniem siatki. W uzwojeniu wtórnym transformatora płynął znaczny prąd dlatego konieczne było zastosowanie w nim rdzenia o znacznym przekroju. Dla pełnego wymodulowania wystarczyła amplituda napięcia m.cz. 20 – 30 V.

Autor zalecał też oddzielne zamontowanie generatora z anteną i oddzielne modulatora z zasilaczem. [czy nie przypomina to czytelnikom koncepcji mikrofalowej radiostacji IC-905]. Nadajnik podobnej konstrukcji był stosowany podczas doświadczeń przeprowadzanych na falach decymetrowych przez *Instytut Radiotechniczny* w 1933 roku. Stosowano w nim lampę „Metal E3” przy prądzie żarzenia 1,3 A i napięciu siatki 215 – 260 V. Przy zerowym napięciu anodowym prąd siatki wynosił około 50 mA a długość fali około 80 cm.

Do odbioru w trakcie doświadczeń stosowano nawet prosty odbiornik detektorowy z rys. 1.4.4. W środku dipola umieszczony był detektor kryształkowy, a słuchawki były podłączone do niego przez dławiki w.cz. Pomiędzy detektor i słuchawki włączano także wzmacniacz m.cz. Zalecane było także korzystanie z anten kierunkowych. Rozwiązania anten na fale decymetrowe (dipolowych i kierunkowych z reflektorami pełnymi i żeberkowymi) i ich właściwości przedstawiał artykuł Z. Jelónka w tym samym numerze.

1.5. Magnetron

Magnetron był pierwszą lampą mikrofalową, generującą sygnały dużej mocy w zakresie fal centymetrowych. Prace nad konstrukcją magnetronu prowadzone były w okresie przedwojennym m.in. w Wielkiej Brytanii i w USA. Po raz pierwszy w świecie zastosował w magnetronie katodę tlenkową prof. Groszkowski⁹. Również on jako pierwszy na świecie (1939) skonstruował magnetron metalowy z obwodami wewnętrznymi, katodą tlenkową i korpusem chłodzonym olejem. Należy mniemać, że wyniki tych prac przyczyniły się do skonstruowania w Wielkiej Brytanii (1940) magnetronu o mocy impulsowej 100 kW, który odegrał tak ważną rolę w pierwszym okresie II wojny światowej, umożliwiając aliantom skuteczną obronę przed nalotami nieprzyjacielskich samolotów. Po wojnie magnetrony znalazły szerokie zastosowanie w urządzeniach radarowych a w ostatnim czasie także i w kuchenkach mikrofalowych.

Zdjęcie przedstawia pierwszy skonstruowany w W. Brytanii magnetron wnękowy o mocy 400 W pracujący na fali 9,8 cm (ok. 3 GHz). Można przypuszczać, że jego konstrukcja jest zbliżona do konstrukcji prof. Groszkowskiego.

Zasada pracy magnetronu

Emitowane przez katodę elektrony poruszają się, pod wpływem zewnętrznego osiowego pola magnetycznego, po liniach spiralnych w kierunku anody. Energia elektronów powoduje wzbudzenie i utrzymanie drgań b.w.cz. we wnękach rezonansowych anody. Wnęki pełnią rolę równoległych obwodów

⁹ Prof. Janusz Groszkowski był koryfeuszem polskiej radiotechniki i pierwszym prezesem Polskiego Związku Krótkofalowców. Jego życiorys i osiągnięcia omówiono szczegółowo w opracowaniu OE1KDA „Radioelektronicy” dostępnym w Internecie. Było ono swego czasu publikowane również na dyskach CD *Świata Radio*. Prof. Groszkowski był m.in. autorem słynnego wzoru opisującego wpływ harmonicznych na częstotliwość drgań generatora. Zajmował się też problematyką generacji drgań i wysokiej próżni. Na zlecenie podziemia brał udział w rozszyfrowaniu hitlerowskiej broni V2.

rezonansowych. Ładunek zgromadzony na krawędziach wnęki odpowiada ładunkowi zgromadzonemu w kondensatorze obwodu zastępczego, natomiast prąd płynący po obwodzie wnęki – prądowo w indukcyjności obwodu zastępczego.



Rys. 1.5.1. Przedwojenny magnetron

Początkowo jako katody stosowano druciki wolframowe rozrzucone do wysokiej temperatury. Wydajność takiej katody jest jednak stosunkowo niewielka. Dla jej zwiększenia katody pokrywa się torem (katoda torowa) albo tlenkami baru i strontu lub innych metali alkalicznych (katoda tlenkowa).

Materiały te, w zależności od rodzaju mają w tej samej temperaturze nawet kilkunastokrotnie większą emisyjność z tej samej jednostki powierzchni w porównaniu do czystego wolframu. Tak więc, aby uzyskać taki sam prąd katody jak dla katody wolframowej katody te mogą być mniejsze, i pracować w niższej temperaturze, dzięki czemu wymagają znacznie mniejszej mocy żarzenia. Do ich najistotniejszych wad należy ograniczona żywotność (do 15000 godzin pracy) spowodowana powolnym parowaniem cieniutkiej powierzchni aktywnej i jej "zatrutowaniem" przez resztki gazów. Dodatkowo są bardzo wrażliwe na pracę w niewłaściwej temperaturze – za mała i za duża kilkakrotnie obniża ich żywotność¹⁰. Drugą wadą jest to, że nie mogą pracować przy bardzo dużych wartościach napięć anodowych. Niemniej jednak, ze względu na swoje zalety są stosowane niemal wyłącznie w lampach odbiorczych (małej mocy) i w lampach nadawczych mniejszej mocy, a katoda torowana w lampach nadawczych większej mocy.

Jako katody pośrednio żarzone stosowane są w zasadzie wyłącznie katody tlenkowe, pozostałe rodzaje katod są katodami bezpośrednio żarzonymi. Ponadto różne rodzaje katod mają różne właściwości. Najprostszą technologicznie i jednocześnie mającą najgorsze parametry jest katoda wolframowa. Ma ona najwyższą temperaturę pracy ze wszystkich rodzajów katod – 2500 K, charakteryzuje się najmniejszą emisyjnością na jednostkę powierzchni katody i na jeden wat mocy zużytej na żarzenie. Jednak bez żadnej szkody dla katody jej normalny prąd w czasie pracy może osiągać wartości bliskie maksymalnej możliwej emisji – współczynnik wykorzystania katody jest bliski jedności. Katoda wolframowa jest odporna na silne pola elektryczne – może pracować w lampach w których napięcie anody osiąga bardzo duże wartości – nawet powyżej 100 kV, jest też jednocześnie w miarę trwała. Jej trwałość jest ograniczona prędkością parowania wolframu z powierzchni i silnie zależy od temperatury – im większa temperatura tym mniejsza trwałość, ale za to większa emisyjność. Katoda wolframowa nie jest wrażliwa na niedożarzenie.

Katoda torowana jest w zasadzie odmianą katody wolframowej – jest to drucik wolframowy z niewielkim (1 – 2%) dodatkiem toru. Przez specjalne przygotowanie katody nazywane aktywowaniem tworzy się na powierzchni tego drucika cienka, kilkuatomowa grubości warstwa toru, która sprawia że emisyjność takiej powierzchni gwałtownie rośnie, lecz współczynnik wykorzystania katody jest znacznie mniejszy – ok. 0,2 – 0,3. Tor odparowujący z powierzchni jest uzupełniany dyfuzją z głębi drucika. Katoda ta ma dużo lepsze parametry – emisyjność na jednostkę powierzchni i w stosunku do mocy żarzenia, ma też jednak wady: jest bardzo wrażliwa na zmianę temperatury pracy – w za wysokiej

¹⁰ Stosowana w wielu przedwojennych modelach odbiorników radiowych regulacja siły głosu i reakcji przez zmianę napięcia żarzenia nie była w ich przypadku możliwa. Było to możliwe dla lamp z katodami wolframowymi.

temperaturze warstwa toru szybciej paruje niż jest uzupełniana dyfuzją z głębi drucika, w za niskiej gwałtownie spada prędkość dyfuzji toru. Niewłaściwe żarzenie może spowodować znaczny spadek jej trwałości (zmiana napięcia żarzenia o kilka procent powoduje spadek trwałości o połowę), podobnie zanieczyszczenie powierzchni jonami i resztkami gazów. Z tego względu katody torowane wymagają bardzo dobrej próżni w lampie. Katody te stosowane są głównie do lamp nadawczych i prostowniczych wysokonapięciowych, kiedyś również były stosowane w normalnych lamp odbiorczych.

Najpopularniejszym rodzajem katod jest katoda tlenkowa. Jest to rdzeń metalowy, najczęściej niklowy, pokryty warstwą tlenków zapewniających odpowiednie własności emisyjne. Katoda może być wykonana jako bezpośrednio żarzona – powierzchnia drucika oporowego stanowiącego żarnik jest pokryta warstwą tlenków lub pośrednio – katoda jest rurką pokrytą tlenkami wewnątrz której znajduje się odizolowany od niej żarnik. W czasie pracy tlenki rozkładają się na powierzchni katody tworząc cienką kilkuatomową warstwę aktywną. Atomy które odparują z powierzchni są podobnie jak w katodzie wolframowej uzupełniane dyfuzją z głębszych warstw. Katoda ta ma doskonałe własności emisyjne – charakteryzuje się bardzo dużą emisyjnością, dużą sprawnością – potrzebuje stosunkowo małej mocy żarzenia do uzyskania odpowiedniego prądu katody, oraz niską temperaturą pracy – ok. 1100 K. Jest też znacznie mniej wrażliwa na niewłaściwą temperaturę – różnica 5% mocy żarzenia nie wpływa znacząco na jej trwałość. Katoda tlenkowa jest wrażliwa na zatrucie jonami. Zatrucie katody jonami powoduje dodatkowo silny wzrost tej oporności. Pomimo swoich wad katody tlenkowe są stosowane do praktycznie wszystkich lamp odbiorczych i nadawczych małej mocy, mają trwałość rzędu kilku tysięcy godzin w normalnym wykonaniu, a w wykonaniu specjalnym (specjalne tlenki, inna technologia redukująca opór skrośny itp) kilkadziesiąt tysięcy a nawet powyżej stu tysięcy godzin pracy.

2. Krótkofalarskie konstrukcje UKF do 1939 roku

Zalety pasm ultrakrótkofalowych w łącznościach lokalnych (a pasma 56 MHz także dla łączności dalekosiężnych i nawet transatlantycznych) zostały wprowadzić docenione stosunkowo wcześniej, ale zdobycie lamp pracujących na wyższych częstotliwościach było w różnych okresach czasu poważną przeszkodą w ich opanowaniu, a poza tym wielu amatorów uważało je za dziedzinę tylko dla specjalistów. Podobnie rzadko używane było należące do zakresu krótkofalowego pasmo 10 m. W związku z małą stabilnością częstotliwości ówczesnych nadajników (samowzbudnych) najczęściej stosowaną emisją była fonia. Do przeważnie spotykanych rozwiązań odbiorników należały odbiorniki superreakcyjne z wygaszaniem własnym (w tzw. układzie Flewellinga) lub z oddzielnym generatorem wygaszającym (wtzw. układzie Armstronga) albo odbiorniki reakcyjne. W radiostacjach nadawczo-odbiorczych często lampa detektora superreakcyjnego była, po przełączeniu punktu pracy stosowana jako generator nadajnika (przeważnie 1-stopniowego). Oprócz tego spotykało się też zwykłe układy detektora reakcyjnego – audionu (bardzo często w układzie Hartleya, który przed wojną cieszył się znaczną popularnością). Jedno i drugie rozwiązanie miało swoich zwolenników.

Pierwsze praktyczne próby o znaczeniu amatorskim rozpoczęły się w 1929 roku. Początkowo odbywały się one w zakresie 50 – 100 MHz przy użyciu prymitywnych układów nadawczych bez dodatkowych anten (rolę anteny pełniły cewki obwodów rezonansowych o dużej średnicy). Pierwszy artykuł na temat urządzeń UKF ukazał się w lutym numerze *Krótkofalowca Polskiego* w 1929 roku, a po nim nastąpiły publikacje także i w innych pismach j. np. *Radjo-Amator Polski* w 1929 i 1930 r. Pierwsze urządzenia pracujące na falach około 3 m (100 MHz) uruchomili w 1929 roku Jan Ziembicki (SP3AR) i Włodzimierz Lewicki (SP3GR)¹¹. Doświadczenia na falach 4 – 6 m prowadził w 1929 r. SP3MN z Wilna. Kolejne próby w tym zakresie prowadzone były w czasie ekspedycji Lwowskiego Klubu Krótkofalowców na Howerlę w 1930 roku. Jako anteny stosowane były m.in. anteny długie typu L lub T, ale pracowano również bez dodatkowych anten, których rolę pełniły cewki obwodów rezonansowych o większych rozmiarach. Stosowane były bardziej dojrzałe rozwiązania, w tym odbiorniki superreakcyjne. Krótkofalowcy polscy byli tylko nieznacznie zapóźnieni w stosunku do innych krajów. Pierwsze próby w paśmie 56 MHz za granicą prowadzono wprowadzić już w roku 1924, ale transmisje w paśmie 3 m rozpoczęto we Francji w 1927 r. W Stanach Zjednoczonych AP krótkofalowcy mogli pracować na częstotliwościach powyżej 110 MHz dopiero od 1934 roku. Pierwsze anteny kierunkowe

¹¹ Jan Ziembicki (1909 – 1969) pasjonował się krótkofalarstwem już od 1924 r. Początkowo nadawał pod nieoficjalnym znakiem LW3, potem pod oficjalnym TPAX, SP3AR i SP1AR, a po wojnie pod znakiem SP6FZ. Był założycielem Lwowskiego Klubu Radionadawców, przemianowanego później na Lwowski Klub Krótkofalowców (LKK). Po maturze w 1927 roku studiował do 1940 r. na Oddziale Elektrotechnicznym Wydziału Mechanicznego Politechniki Lwowskiej, gdzie uzyskał tytuł inżyniera elektryka. Pracował jako asystent na Uniwersytecie Lwowskim, gdzie zajmował się wpływem prądu wielkiej częstotliwości na organizmy żywe. Przeprowadził na falach krótkich wiele łączności DX-owych, w tym pierwszych łączności z różnymi krajami, a także uczestniczył w wielu zawodach krótkofalarskich. Wraz ze Stanisławem Koźłowskim TPBB prowadził pierwsze badania propagacji fal krótkich na trasie między Lwowem a Wilnem. Był organizatorem i szefem pierwszej w Polsce akcji niesienia pomocy poszkodowanym w czasie powodzi w dorzeczu Wisły, Dniestru i Sanu w 1929 r. Był organizatorem i uczestnikiem słynnej wyprawy na Howerlę w 1930 r., której celem było zbadanie propagacji fal krótkich i ultrakrótkich w górach. Był konstruktorem urządzeń nadawczo-odbiorczych na fale krótkie (w tym pierwszego w Polsce superheterodynowego odbiornika KF z kwarcowym filtrem p.cz.), i na UKF (na pasma od 56 do 430 MHz) oraz pionierem telewizji amatorskiej – z mechaniczną analizą obrazu. Odbierał transmisje telewizyjne nadawane na falach średnich przez zagraniczne stacje radiofoniczne i skonstruował nadajnik telewizyjny na pasmo 80 m. Była to początkowo telewizja o niewielkiej rozdzielczości z mechaniczną analizą obrazów. Był autorem kilku książek i wielu artykułów o tematyce krótkofalarskiej.

W czasie okupacji hitlerowskiej był kierownikiem zakładów elektromedycznych Zakładu Fizyki UL. W 1940 r. poślubił Elżbietę Rosienkiewiczównę (PL043), która wspierała redakcję *Krótkofalowca Polskiego*. Po wojnie przeniósł się do Krakowa, a następnie do Bielawy na Dolnym Śląsku, gdzie został dyrektorem Wytworni Urządzeń Radiokomunikacyjnych. Od 1949 roku był pracownikiem naukowym Akademii Medycznej we Wrocławiu, gdzie specjalizował się w zakresie wpływu promieniowania elektromagnetycznego na organizmy żywe. W 1956 roku uzyskał licencję ze znakiem SP6FZ. W 1970 roku ukazała się broszura „Historia krótkofalarstwa polskiego”, której był współautorem.

dla pasma 5 m zastosowano za granicą w 1934 r. a w Polsce w 1936 roku były w użyciu długie anteny Yagi na pasmo 430 MHz.

W następnych latach pasmo 56 MHz zyskało na popularności (m.in. w wyniku opublikowania doświadczeń z wyprawy na Howerlę) jak również dzięki możliwości stosowania w nim rozpowszechnionych typów lamp: A414, A415, B409 i RE134. Lampy te oscylowały w zakresie do 150 MHz. Następnie stosowane były lampy K (2-woltowe) oraz lampy Philipsa większej mocy TC03/5. W 1931 roku krótkofalowcy z Krakowskiego Klubu Krótkofalowców M. Kibiński i Z. Włodek SP3OI prowadzili próby w terenie na fali 4,25 m (ok. 70 MHz) uzyskując przy pomocy nadajników o mocy dostarczonej 2 W i dipoli półfalowych zasięgi dochodzące do 12,5 km. Po stronie odbiorczej stosowane były odbiorniki superreakcyjne. W 1932 r. w *Krótkofalowcu Polskim* ukazał się opis nadajnika na pasmo 56 MHz w układzie przeciwsobnym TPF_G (ang. *Tuned Plate Fixed Grid* – z obwodem strojonym w anodzie i bez obwodu rezonansowego w siatce), a w następnych latach publikacje o układach Barkhausena (pozwalających na generowanie fal w zakresie do 15 cm) i zastosowaniu magnetronów w zakresie do fal 1 m. Do najbardziej zaawansowanych konstruktorów urządzeń UKF należeli Lech Rydzewski (SP1CB) i Borys Borysowski (PL363, SP1WU). Dla skuteczniejszego prowadzenia prac w zakresie UKF LKK powołał pod koniec 1935 roku Sekcję Ultrakrótkofalową, a jej przewodniczącym został Lech Rydzewski. Po wyprawie na Howerlę opracowano układ falomierza absorbcyjnego na 56 MHz i linia Lechera zaczęła stopniowo tracić znaczenie w bieżących pomiarach – służyła najwyżej do skalowania falomierza.

W 1934 roku krótkofalowcy z Szamotuł skonstruowali nadajniki i odbiorniki dla pasma 56 MHz z przeznaczeniem do łączności ratunkowych. Pod koniec lat 1930-tych doceniono także możliwość wykorzystania zakresów UKF w łącznościach ratunkowych i obrony cywilnej kraju gdzie praca foniczna okazywała się znacznie praktyczniejsza. W 1936 roku w *Krótkofalowcu Polskim* ukazały się opisy nadajników i konwencjonalnych odbiorników dla fal decymetrowych do 50 cm włącznie oraz przenośnych radiotelefonów na pasmo 56 MHz opracowanych w PKK. W tym też roku SP1AR skonstruował na lampach żółdziowych pierwsze radiostacje dwupasmowe na pasma 56 i 430 MHz i przeprowadził pierwsze w Polsce łączności w paśmie 430 MHz. Posiadały one wbudowane anodowe i żarzeniowe baterie suche, umieszczone na obudowie, ale zdejmowane antenki na oba pasma, wbudowany mikrofon i w dolnej ścianie gwint do umocowania na statywie fotograficznym. Do jednego z nich została dorobiona 7-elementowa antena Yagi o polaryzacji pionowej zdejmowana na czas transportu. Zapewniała ona znaczny zysk przy nadawaniu i przy odbiorze. W 1937 roku pasmo 56 MHz stawało się coraz popularniejsze w wielu klubach. Od 1937 r. SP1AR pracował w paśmie 56 MHz z mocami ponad 100 W.

Przeprowadzano także próby łączności z szybowcem i samolotem i próby łączności międzymiastowych na dłuższych trasach w tym paśmie. Ich organizatorem był PL963 (Andrzej Barącz ze Lwowa, ex. SP3FB) a drugim operatorem PL363 (Borys Borysowski, późniejszy SP1WU). Użyto częstotliwości 50 MHz, nadajnika 1 W na szybowcu i 2 W na ziemi. Oba odbiorniki były superreakcyjne. Próby w pełni się udały.

2 września 1937 roku miała miejsce pierwsza w Polsce udana próba międzymiastowa bez bezpośredniej widoczności, na trasie Lwów – Białów (około 80 km). Obie stacje korzystały z obrotowych reflektorów dwuelementowych i anten o polaryzacji pionowej. Operatorem jednej ze stacji był SP1AR (Jan Ziembicki) a drugiej SP1MJ (Jan Świtalski), obaj ze Lwowa. Współpracowali z nimi SP1ED (Marceli Sławiński, Lwów), SP1FL (Szymon Lwów, Lwów), SP1FP (Tadeusz Chmielewski, Lwów), PL363 i PL963.

We wrześniu 1937 r. przeprowadzono również udane QSO na UKF-ie między samolotem a stacją naziemną.

W 1937 roku prowadzono także próby terenowe w klubach poznańskim i łódzkim. W 1938 roku w dalszym ciągu popularne były wprowadzanie odbiorniki superreakcyjne, ale przeważnie z wygaszaniem obcym i wzmacniaczem m.cz.

W 1939 roku w laboratorium LKK opracowano układy przenośnych radiostacji na pasmo 56 MHz – popularniejszego i droższego. W obu pracowały lampy z serii 2 V.

Ze względu na natłok stacji w pasmach KF *Krótkofalowiec Polski* w latach 1930-tych apelował o prowadzenie łączności lokalnych w paśmie 5 m (wg ówczesnego słownictwa w *pasie 5 m*).

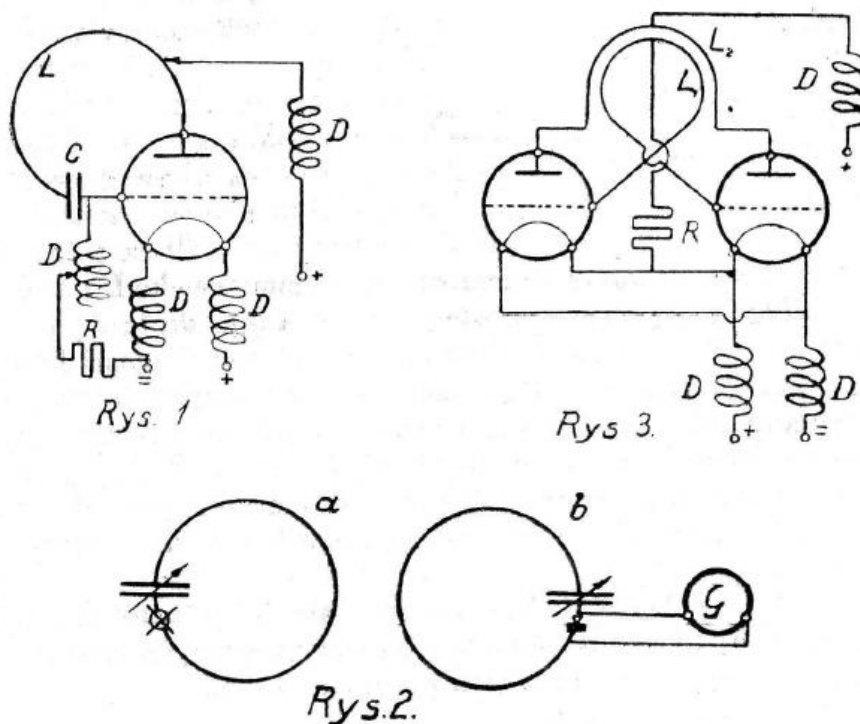
Krótko przed wybuchem wojny krótkofalowcy przygotowywali się do służenia społeczeństwu w obronie przeciwnolotniczej i wojsku w tym trudnym czasie. Wszystkie przygotowania i potencjalne

korzyści zostały zmarnowane wskutek nieprzemyślane wydane pod koniec sierpnia 1939 r. zarządzenia nakazującego demontaż urządzeń nadawczych i zdanie licencji.

Po wkroczeniu do Polski Niemcy rozpoczęli konfiskaty pozostałego sprzętu krótkofalarskiego i dokumentacji wraz z dyplomami i kartami QSL. W pierwszym rzędzie zajęli się operatorami stacji pracujących na telegrafii, a stacje czysto foniczne konfiskata omijała. Ponieważ w Niemczech w tym czasie dozwolona była wyłącznie praca telegrafią najprawdopodobniej opierali się na informacjach pochodzących od krótkofalowców niemieckich. Ograniczenie tylko do pracy telegraficznej zapewniało, że gdyby któryś z niemieckich nadawców zbuntował się przeciw reżimowi to jego transmisje i tak nie byłyby zrozumiałe przez zwykłych obywateli. Ale niestety wtedy się nie buntowali. Dopiero po wojnie ich-niejsi „antyfaszyści” zaczęli się szybko mnożyć...

Przedstawiony poniżej przegląd ultrakrótkofalowych układów nadawczo-odbiorczych stosowanych przez polskich krótkofalowców przed 1939 rokiem nie rości sobie pretensji do pełnego udokumentowania historii konstrukcji amatorskich z tego okresu, a ma jedynie na celu prezentację skróconego przekroju stosowanej techniki i jej ewolucji.

2.1. Konstrukcje SP3FO

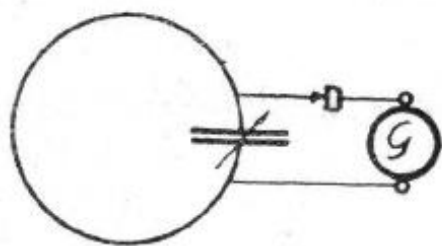


Rys. 2.1.1. Schematy nadajników i absorbcyjnego miernika mocy

W numerach 2 i 3/1929 *Krótkofalowca Polskiego* Leszek Siciński przedstawił konstrukcję generatora w.cz. w układzie prof. A. Essaua i modulatora na pasmo 3 m (z grubsza rzecz biorąc w okolicach 100 MHz, może poniżej jak w dalszych rozwiązaniach) – rys. 1 na ilustracji 2.1.1 – w którym indukcyjność obwodu stanowi łuk wykonany z drutu posrebrzanego (o długości 8 cm i średnicy 3 mm), łączący anodę z zaciskiem kondensatora siatkowego C o pojemności około 300 cm. Układ ten mógł być także stosowany w generatorach symetrycznych (rys. 3 na ilustracji 2.1.1). Dławiki były wykonane z drutu posrebrzanego o średnicy 1,5 mm i składały się z 20 zwoi nawiniętych na średnicy 20 mm. Opornik R miał wartość 2 – 5 kiloomów. Autor proponował zastosowanie w generatorze lampy TB04/10 ponieważ pozwalała ona na pracę z niższymi napięciami anodowymi i dzięki temu na uzyskanie wyższych częstotliwości pracy lub innych lamp odbiorczych o małym przechwycie i małej odległości katody od anody. Pojemność obwodu stanowiła pojemność siatka-anoda lampy. W obwodzie żarzenia lampy mógł być w miarę potrzeby włączony *reostat* – drutowy opornik zmienny z suwakiem lub przełącznikiem oporności. W trakcie uruchamiania generatora autor zalecał dobranie położenia ślizgacza na cewce obwodu rezonansowego, dławika siatkowego i oporności R tak, aby uzyskać maksimum mocy. Jako

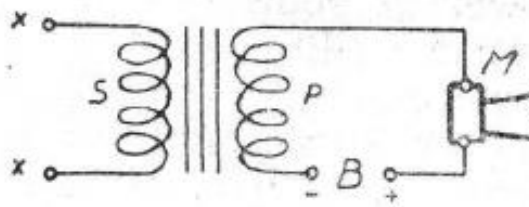
absorbcyjnego wskaźnika mocy autor zalecał użycie obwodu rezonansowego złożonego z identycznego łuku oraz kondensatora zmiennego o pojemności kilku cm, z włączoną do niego żaróweczką (rys. 2 na ilustracji 2.1.1) lub amperomierza *cieplikowego* (termoelektrycznego; ciepłego). Pojemność kondensatorów podawano wówczas często w cm – odpowiadało to pojemności kulki metalowej o odpowiedniej średnicy (1 cm ok. 1,1 pF). Antena nadawcza (pozioma lub pionowa) była sprzężona indukcyjnie z cewką obwodu rezonansowego.

W układzie symetrycznym obie cewki miały średnicę 8 cm, przy czym cewka L_2 musiała być ruchoma dla regulacji sprzężenia, a kierunki uzwojeń musiały być przeciwne. Opornik R miał oporność 2000 – 8000 Ω . Antena była w tym przypadku sprzężona z cewką siatkową. W artykule autor podkreślał, że fale ultrakrótkie są szczególnie korzystne do pracy fonicznej.



Rys. 2.

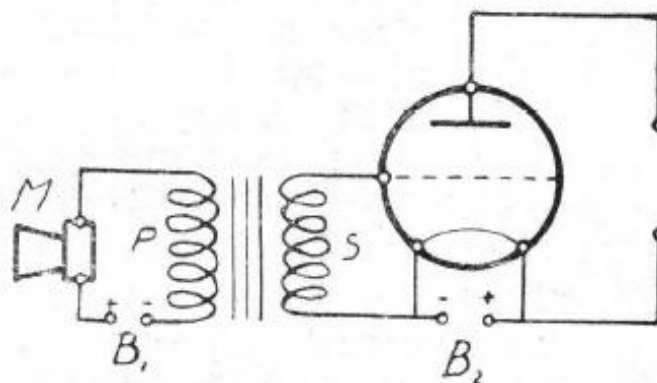
W poprzednim numerze z powodu błędu rysunkowego schemat był zły. Podajemy zatem rysunek poprawiony.



Rys. 4.

Rys. 2.1.2. Skorygowany układ miernika mocy

Rys. 2.1.3. Modulacja w siatce generatora 1 z rys. 2.1.1, zaciski xx są włączone zamiast opornika R



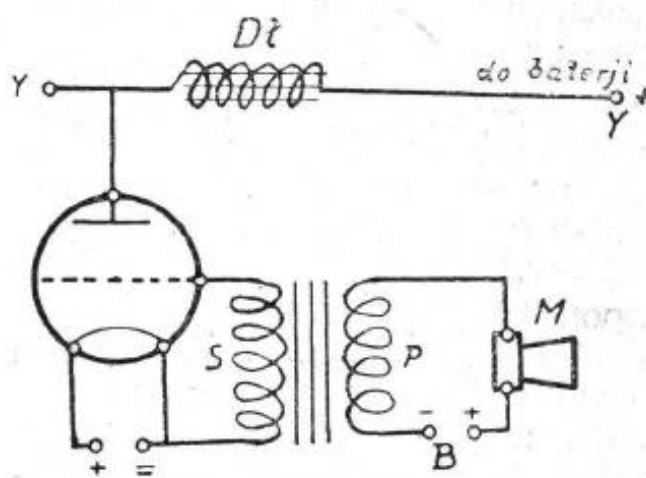
Rys. 5.

Rys. 2.1.4. Modulator z mikrofonem węglowym dla generatora symetrycznego

W następnym numerze zamieszczono poprawiony schemat układu miernika mocy złożonego z prostownika i przyrządu wychyłowego. Następnie przedstawił on rozwiązania układów modulacji. Stosowana w owym czasie modulacja w antenie nie wchodziła w grę w zakresie UKF ze względu na szkodliwe pojemności, dlatego też autor omówił modulację siatkową i dławikową Heisinga. W najprostszym przypadku był to mikrofon węglowy włączony przez transformator w miejsce opornika R do obwodu siatkowego lampy poprzez transformator (rys. 4 na ilustracji 2.1.3). Do zasilania można było użyć baterii żarzeniowej lampy. Modulator dla układu symetrycznego przedstawia rys. 5 na ilustracji 2.1.4. Jego wyjście jest włączane zamiast opornika R tak jak w poprzednim przypadku. Jako B_1 mogła służyć bateria żarzeniowa lampy ale B_2 musiała być oddzielnym źródłem zasilania.

Rys. 6 na ilustracji 2.1.5 przedstawia, powszechnie wówczas stosowany (także w nadajnikach radiofonicznych), układ modulacji dławikowej. Zmiany napięcia na dławiku z rdzeniem żelaznym powsta-

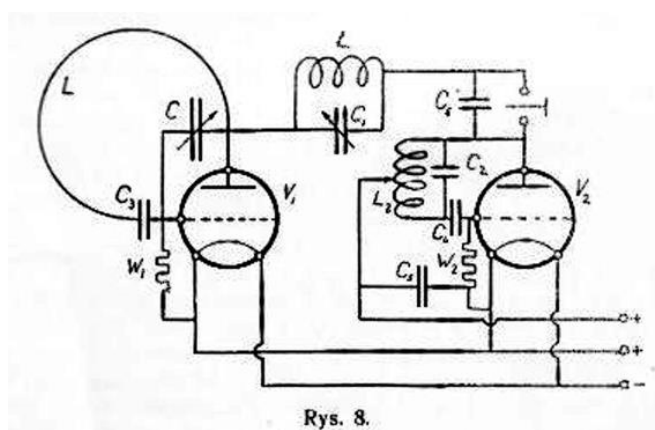
jące w takt sygnału modulującego powodowały modulację napięcia anodowego lampy nadawczej, dołączonej do zacisku "y". Konstrukcja była wykonana tak, aby elementy znajdowały się w możliwie największym stopniu w powietrzu dla zmniejszenia strat i aby połączenia były możliwie najkrótsze.



Rys. 6.

Rys. 2.1.5. Modulator dławikowy Heisinga

Do pomiaru długości fali (a przez to i częstotliwości nadawania) stosowana była otwarta linia długa tzw. mostek *Lechera*. Linia składała się z dwóch nieizolowanych przewodów rozpiętych w odległości 4-8 cm od siebie (rys. 7 na ilustracji 2.1.6). Do jednego z jej końców podłączony był badany generator (nadajnik), a drugi z nich był otwarty, dzięki czemu w linii powstawała fala stojąca. W przypadku przedstawionym na ilustracji nadajnik był sprzężony indukcyjnie z linią. W szereg z uzwojeniem wtórnym można było włączyć kondensatory o pojemności kilkuset cm (pF), co miało zwiększać dokładność pomiaru. Po linii tej przesuwany był suwak G zawierający neonówkę (lub inny wskaźnik napięcia). Konstruktor użył neonówki od odgromnika. Zamiast neonówki w zwieraczu linii można do obwodu anodowego generatora włączyć miliamperomierz. Zwieranie przewodów linii w punktach o maksimum napięcia powoduje wzrost prądu anodowego do maksimum. Odległość pomiędzy sąsiadującymi punktami minimum lub maksimum napięcia odpowiadała połowie długości fali. Linia *Lechera* była przez dłuższy czas używana do pomiaru długości fali, później także w zakresach mikrofal.



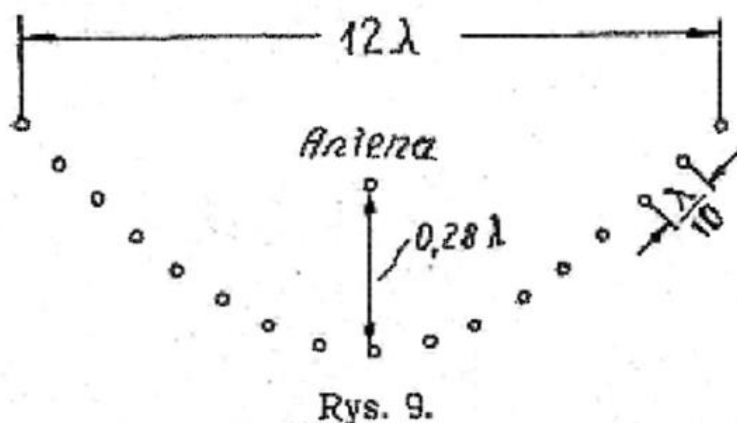
Rys. 8.

Rys. 2.1.6. Odbiornik superreakcyjny Sicińskiego

Odbiornik superreakcyjny UKF Leszka Sicińskiego z roku 1929 był opisany w nr. 4/1929 *Krótkofalowca Polskiego*. Był to układ bardziej rozbudowany z oddzielnym generatorem częstotliwości wygaszania pracującym na lampie V2. Częstotliwość wygaszania była ustalona za pomocą obwodu $L_2 C_2$ i pojemności siatka-anoda lampy. Detektor superreakcyjny pracował na lampie V1, przy czym częstotliwość odbioru (w paśmie 3 m) była ustalana za pomocą obwodu rezonansowego LC w anodzie

lampy. Podobnie jak w nadajniku indukcyjność L stanowił łuk z drutu. Sprężenie zwrotne było uzyskiwane poprzez pojemność anoda-siatka lampy V1, a do jego regulacji służył obwód pomocniczy złożony z niewielkiej indukcyjności L_1 (3 – 4 zwoje na średnicy 1 cm) i pojemności C_1 . Odbiornik był wykorzystywany do łączności na niewielkie odległości bez anteny zewnętrznej, a na dłuższe dystanse – z anteną reflektorową. W artykule autor zajmował się także sprawami propagacji fal ultrakrótkich – ich rozchodzeniu się po liniach prostych, zależnością zasięgu od krzywizny ziemi, a także o możliwym wpływie warstwy Heawisida (E) na zasięgi stacji.

Antena reflektorowa składa się z szeregu pionowych przewodów półfalowych ustawionych równolegle do anteny i ustawionych na paraboli. Odstęp między nimi wynosi $\lambda/10$. Odstęp promiennika od zwierciadła wynosił $0,28 \lambda$ lub $0,285 \lambda$.



Rys. 2.1.7. Antena paraboliczna SP3FO

Inż. Leszek Siciński urodził się 28 listopada 1907 r. we Lwowie. Ukończył gimnazjum matematyczno-przyrodnicze w 1927 r. Podczas studiów na oddziale elektrycznym Wydziału Mechanicznego pracował (1934/35) jako mł. asystent w katedrze fizyki u prof. T. Malarskiego, następnie (1935-38) jako asystent i st. asystent w laboratorium pomiarów niskoprądowych również u prof. Malarskiego. W 1938 r. podjął pracę w Państwowych Zakładach Tele- i Radiotechnicznych w Warszawie. We wrześniu 1939 r. ewakuowany do Rumunii, przez Jugosławię dotarł w 1941 r. do Włoch. Wcielony do Wojska Polskiego pracował w 6 Oddziale Sztabu Głównego jako specjalista elektronik ds. łączności z krajem. Po przeniesieniu się do Anglii (1944 r.) do czasu demobilizacji pracował w sekcji polskiej *Signal Research Development Establishment*. Następnie podjął pracę w *British Telecommunication of Research*, gdzie pracował a do przejścia na emeryturę w 1970 r.

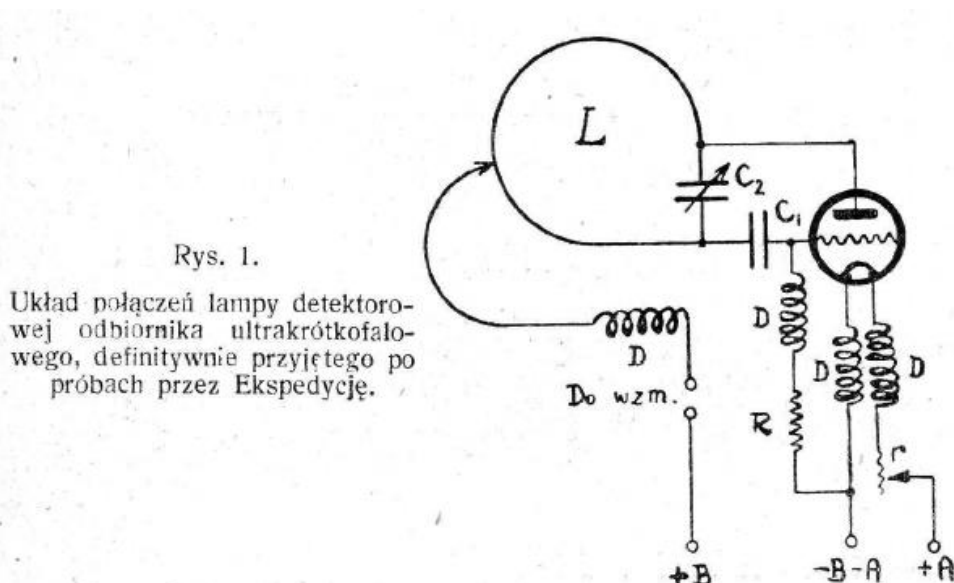
Używał znaków wywoławczy TPFO i SP3FO i jak wszyscy krótkofalowcy w tych czasach sam konstruował radiostacje amatorskie, na zakres krótkofalowy i UKF. Na tematy fal ultrakrótkich i ich propagacji publikował artykuły w *Przeglądzie Radiotechnicznym* w latach 1935 –37 wspólnie z prof. A. Jellonkiem. W 1928 roku uzyskał łączność na odległość 4500 km na falach krótkich pracując z mocą doprowadzoną do anody 0,4 W i korzystając z anteny pokojowej.

2.2. Radiostacja Lwowskiego Klubu Krótkofalowców

Po wyprawie na Howerlę w 1930 roku, w czasie której krótkofalowcy pracowali również na pasmach UKF zdobyte doświadczenia wykazały między innymi, że układy reakcyjne są dostatecznie dobre i wobec tego stosowanie odbiorników superreakcyjnych jest bezcelowe. Krótkofalowcy wypróbowali kilka rozwiązań odbiorników reakcyjnych. Zbadano również przydatność różnych typów lamp w zakresie ultrakrótkofalowym.

Konstrukcję opisano w numerze 2/1931 *Krótkofalowca Polskiego*. Obwód rezonansowy odbiornika miał identyczną konstrukcję jak w opisanych powyżej konstrukcjach Leszka Sicińskiego (TPFO, SP3FO). W trakcie ekspedycji zauważono, że strojenie odbiorników UKF jest łatwe i nie odbiega od strojenia odbiorników krótkofalowych, na czułość i jakość reakcji korzystnie wpływa umieszczenie opornika upływowego w siatce lampy, anteny odbiorcze mogą być podłączone bezpośrednio do cewki

siatkowo-anodowej, zauważenie niewielki wpływ ręki i ziemi na częstotliwość dostrojenia. Jeśli chodzi o układy nadajników to zauważono, że do ich strojenia można używać kondensatorów zmiennych.



Rysunek 2.2.1. Schemat odbiornika reakcyjnego (audionu) konstrukcji LKK

Jako najbardziej przydatne okazały się wówczas lampy RE134, A415 i A414. Największą moc wyjściową uzyskano z pierwszej z nich. Z lamp nadawczych dobre wyniki dawała lampka TB04/10. Krótkofalowcy badali również przydatność różnego rodzaju anten.

Według doniesień z numeru 4-5/1931 *Krótkofalowiec Polski* ekspedycja pracowała w zakresach fal 3,24 – 3,84 m (mniej więcej 78 – 93 MHz) i około 4 m (w przybliżeniu 75 MHz). Z kolei według doniesień z nr 2/1932 *Krótkofalowiec Polski* pracowano również na fali 2 m (około 150 MHz) na lampie A415. Nie badano natomiast zakresu 4 – 9 m (na falach krótkich prowadzono łączności i obserwacje w pasmach 80, 40, 20 i 10 m). Ekspedycja badała m.in. rozchodzenie się fal ultrakrótkich w terenie górzystym, w lasach, zjawisko odbić, ugięcia fal na grzbietach górskich, skupiania ich w kotłach górskich i wpływ mocy nadajników na zasięgi. Obserwacje na UKF-ie pobudziły zainteresowania krótkofalowców i naukowców w innych krajach. Na falach krótkich obserwowano także wpływ wyładowań atmosferycznych.

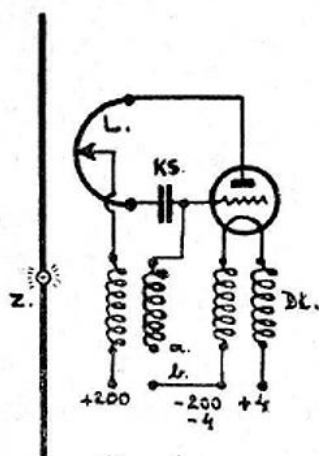
W Lwowskim Klubie Krótkofalowców skonstruowano również nadajnik na pasmo 5 m w układzie przeciwsobnym. Wypóbowano w nim lampy A415, A414, REC134 i TC03/5.

2.3. Radiostacja Michała Kibińskiego na pasmo 4 m

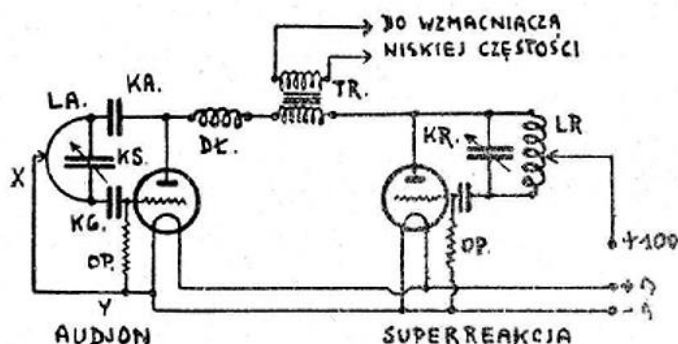
Próby w zakresie UKF, a konkretnie w paśmie 4 m prowadził także Michał Kibiński, przy czym jego partnerem był m.in. krakowski krótkofalowiec Zbigniew Włodek SP3OI. Schemat radiostacji przedstawiony jest na rys. 1 i 2 (na ilustracji 2.3.1). W jednolampowym nadajniku zastosowano 1-zwojową cewkę wykonaną z rurki miedzianej o średnicy 8 mm, o średnicy zwoju 10 cm (L). Dławiki były wykonane z przewodu o grubości 3 mm i posiadały po 15 zwojów o średnicy 2 cm. Autor proponował nawet jeszcze powiększenie średnicy. Anteną była składana rurka mosiężna o średnicy 10 mm umieszczona w odległości kilku centymetrów od cewki (czyli sprzężona z nią indukcyjnie). Strojenie anteny wymagało odpowiedniej zmiany jej długości, a do pomiaru prądu w antenie służyła żaróweczka Z. Kondensator KS miał pojemność 100 cm. W nadajniku pracowała lampka RE134 zasilana napięciem anodowym 200 V pobierająca 10 mA. Moc doprowadzona do anody wynosiła więc 2 W. Transformator modulacyjny mógł być podłączony do punktów a-b.

W odbiorniku zastosowano audion pracujący w układzie Hartleya przy czym po usunięciu połączenia XY pracował on w układzie superreakcyjnym z wygaszaniem obcym, co dawało zwiększenie czułości

i wg autora ułatwienie strojenia¹². Wymagało to wprowadzić pewnej wprawy, ale było wg niego łatwe do opanowania. Kondensator KS miał pojemność około 50 cm (zalecane było nawet mniej), KA - 100 cm, K6 - 50 cm, KR - 500 cm. Cewka LA miała pół zwoja o średnicy 8 cm, nawiniętego drutem o grubości 3 mm, LR - 2000 zwojów z odczepem mniej więcej na środku, dławik DŁ - 15 zwojów na średnicy 4 cm, a opornik OP 2 megaohmy. Autor zwracał uwagę na konieczność zapewnienia najkrótszych połączeń. Odbiornik nie był ekranowany. Za pomocą linii Lechera zmierzono długość fali wynoszącą 4,25 m (około 70,6 MHz). Przy pracy bez anteny (antenę stanowił przewód od słuchawek; zupełnie jak w dzisiejszych *Walkmanach*) uzyskano w terenie zasięg kilkudziesięciu metrów i stwierdzono, że modulacja była czysta i dobrze zrozumiała. Następne, udane, próby odbywały się na 12,5 km trasie Kraków-Mogilany. Próby na dystansie 1 km w terenie miejskim nie dały pozytywnych rezultatów. Autor zaobserwował też wpływ otoczenia na jakość połączenia. Dalsze próby nie odbyły się z powodu braku czasu.

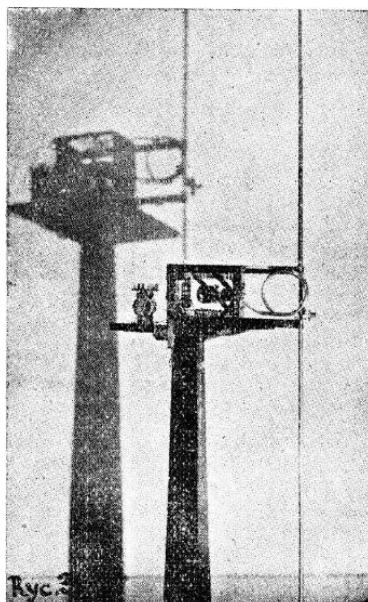


Rys. 1.



Rys. 2.

Rys. 2.3.1. Nadajnik i odbiornik Kibińskiego na pasmo 4 m



Fot. 2.3.2 Antena nadawcza Kibińskiego

¹² Audionem nazywano ogólnie detektor lampowy, nie musiał to być stopień ze sprzężeniem zwrotnym czyli reakcją. Przeważnie jednak stosowano reakcję dla uzyskania większej czułości i selektywności. Stopnie superreakcyjne nazywano czasami *ultra-audionem*, a w pisowni z przed 1936 roku – *ultra-audionem*.

Opis pochodzi z nr 9/1932 *Krótkofalowca Polskiego*.

W 1928 roku inż. Michał Kibiński był zatrudniony w rozgłośni krakowskiej. Był on autorem wielu opracowań z dziedziny radiotechniki i galwanoplastyki. Były to m.in. książki „Radjotelefoniczne aparaty odbiorcze jednolampowe oraz odbiornik z detektorem kryształkowym” (nr 71), „Pracownia Radioamatora” (nr 78) oraz „Aparaty do galwanoplastyki i do galwanostezji. Budowa aparatów oraz miedziowanie, srebrzenie, niklowanie, mosiądźowanie itd. drogą elektrolityczną” (nr 28) z serii *Samouczek Techniczny* publikowanej przez księgarnię Brunona Kotuli w Cieszynie w latach 20-tych XX wieku, a także innych nie wchodzących w skład serii, a poświęconych odbiornikom radiowym, antenom, wzmacniaczom w.cz. i m.cz. i głośnikom¹³.

W okresie późniejszym (1931) prowadził on do spółki z krótkofalowcami eksperymenty odbiorcze w, słabo jeszcze wówczas opanowanym, zakresie UKF (m.in. w paśmie 70 MHz) i publikował ich wyniki.

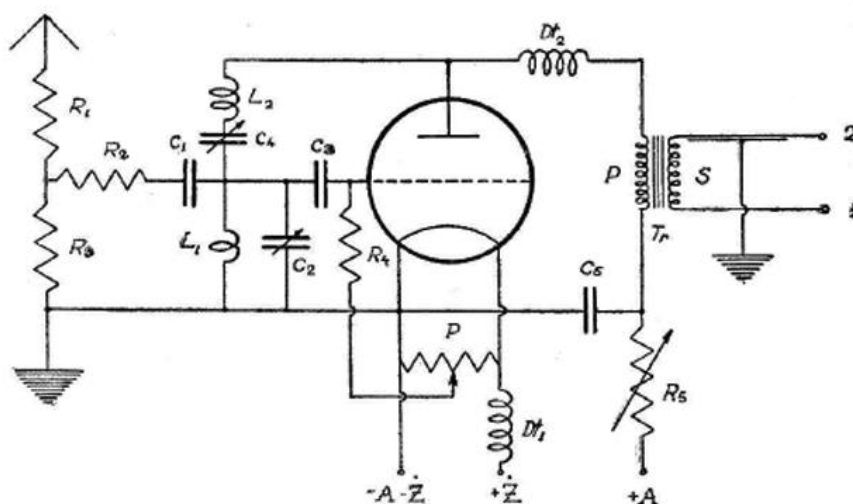
2.4. Układy nadawczo-odbiorcze UKF SP1CB

Zainspirowany doniesieniami o sukcesach krótkofalowców zagranicznych, w tym także próbami nadawania z mocą 5 W z balonu przeprowadzanymi przez Amerykanów, próbami odbioru na większe odległości na fali 7,6 m i łącznościami transatlantyckimi w paśmie 5 m lwowski nadawca Lech Rydzewski SP1CB opublikował w numerze 2/1933 *Krótkofalowca Polskiego* przystawkę – audion – na fale ultrakrótkie opartą na rozwiązaniach dla fal krótszych od 7 m pochodzących z prasy niemieckiej.

Antena sprzężona była oporowo, przy czym oporniki R1 i R3 miały wartości 300-500 omów, a R2 – 200-300 Ω , kondensatory: C1 – 5-10 cm, C2 – ok. 50 cm, siatkowy C3 – 250 cm, kondensator C4 w obwodzie reakcji miał również pojemność 50 cm. Służył on do zgrubnej regulacji reakcji, natomiast dokładna regulacja odbywała się za pomocą opornika R5 200 Ω – 2 M Ω w obwodzie anodowym (poprzez zmianę napięcia anodowego)¹⁴. Opornik siatkowy R4 miał wartość 2 – 3 M Ω i był dołączony do suwaka potencjometru P o oporności 1000 Ω . W obwodzie żarzenia i anodowym znajdują się powietrzne dławiki w.cz. nawinięte przewodem podwójnie izolowanym 0,6 mm, mają one po 25-30 zwojów nawiniętych na karkasach o średnicy 30 mm i długości 45 mm.. Cewki L₁ i L₂ dla zakresu 6 – 8 m mają odpowiednio 2 i 3 zwoje drutu posrebrzanego i były nawinięte na podstawkach od lamp radiowych z odstępem między zwojami 1,5 – 2 mm. Odstęp między nimi wynosił 5 mm. L₁ i C₂ stanowiły obwód rezonansowy, a L₂ i C₄ – obwód reakcji (dodatniego sprzężenia zwrotnego). Transformator m.cz. miał przekładnię 1:3 do 1:4. Jego uzwojenie wtórne było dołączone do minusa żarzenia i siatki lampy wzmacniacza m.cz. Kondensator C₅ blokujący zasilanie miał pojemność 2 mikrofaradów. Przystawka była umieszczona w pudełku aluminiowym 70 x 70 x 90 mm.

¹³ Brunon Kotula (1898-1961), cieszyński wydawca i księgarz. Pochodził z rodziny ewangelickich działaczy narodowych na Śląsku Cieszyńskim. Księgarnia została założona przez księgarza Jerzego Kotulę (1855 – 1899) w r. 1879, współzałożyciela "Przyjaciela Ludu", syna Andrzeja (1822 – 1891) – prawnika, pisarza, współzałożyciela *Czytelnicy Polskiej* w Cieszynie, współpracownika "Tygodnika Cieszyńskiego" i "Gwiazdki Cieszyńskiej", autora *Szkoły polszczyzny...*. Pierwszym synem Andrzeja i Anny z Tetłów był Jerzy, drugim Bolesław (1849 - 1898), botanik i zoolog, a trzecim Andrzej Władysław (1853-1934), inżynier i dyrektor kolei żelaznej w Wiedniu (pomagał Bolesławowi w pracach naukowych, a po jego śmierci porzucił karierę urzędniczą; nie założył rodziny). Karol Kotula (1884 – 1968) był ewangelickim biskupem, kapłanem WP i autorem prac historycznych. Synem Karola był prof. historii starożytnej i dr hc. Uniwersytetu Poznańskiego Tadeusz Kotula (1923-2007). Brunon Kotula był zasłużony dla popularyzacji radiotechniki w Polsce m.in. dzięki publikacji w seriach "Samouczek techniczny" i „Ilustrowana biblioteka dla młodzieży” (w latach 1920-tych) książek poświęconych radiotechnice, krótkofalarstwu i elektryczności.

¹⁴ W wielu rozwiązaniach odbiorników regulacja reakcji pełniła również funkcję regulacji siły głosu i dlatego odbiorniki nie posiadały oddzielnego potencjometru siły głosu. W niektórych przypadkach reakcję i siłę głosu zmieniano regulując napięcie żarzenia lamp.



Rys. 1

Rys. 2.4.1. Audion z reakcją konstrukcji SP1CB¹⁵

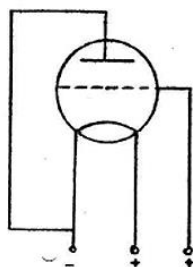
W następnych numerach (3 i 4/1933) *Krótkofalowca Polskiego* SP1CB przedstawił rozwiązania układów nadawczych na fale ultrakrótkie - na pasma 5 m i wyższe¹⁶. Pierwszym z nich był, stosowany już przez SP3FO układ prof. A. Essaua (rys. 1 na ilustracji 2.1.). Na popularności zyskiwał już w tym czasie symetryczny układ nadajnika T. P. F. G. z niestrojoną siatką i strojonym obwodem w anodzie. W artykule przedstawiono także odbiornik superreakcyjny z rys. 2.1.6 z wygaszaniem obcym i audion z reakcją z rys. 2.2.1. Układy te mogły zdaniem autora pracować na zakresach fal 2 do 1,5 m. Nie nadawały się jednak na fale o długościach poniżej 1 m ze względu na zbyt długie czasy przepływu elektronów między katodą a anodą w ówczesnych konstrukcjach lamp. W opisywanym w artykule rozwiązaniu Barkhausena czas ten został wykorzystany do generacji drgań b.w.cz. – lampa pracowała więc jako lampa z falą bieżącą. Zasadę pracy generatora ilustruje rys. 4 na ilustracji 2.4.2. Układ nie zawiera obwodu rezonansowego a siatka lampy jest połączona z napięciem dodatnim ok. 100 V, natomiast anoda jest połączona z katodą. Elektrony w lampie płyną z dużą szybkością w kierunku anody, przyspieszane przez dodatni potencjał siatki. Po jej minięciu są one hamowane przez zerowy potencjał anody i powracają w kierunku katody. W obu przypadkach maksymalną szybkość, a więc i energię osiągają one w rejonie siatki. Po odbiciu przez potencjał katody wracają one ponownie w kierunku anody i tak poruszają się w lampie ruchem oscylacyjnym. Część z nich jest przechwytywana przez siatkę i anodę dzięki czemu w obwodach obydwu elektrod płynie prąd. Energię tych drgań wewnętrznych lampy można wykorzystać dodając pomiędzy anodę i siatkę linię długą – tzw. mostek *Lechera* (lub linię *Lechera*). Długość generowanej fali zależy od drogi przebywanej przez elektrony wewnątrz lampy, a więc od jej konstrukcji mechanicznej i napięcia siatki – wzrasta ona w miarę zmniejszania napięcia siatki. Długość fali jest zależna od czasu przepływu elektronów, a więc między innymi od wymiarów lampy i od wysokości napięcia. Przyjmując odległości siatka-katoda i siatka-anoda równe sobie i równe R otrzymujemy następujący wzór na długość generowanej fali:

$$\lambda = 2000 R / \sqrt{U}$$

gdzie R i λ są wyrażone w centymetrach, a napięcie U – w woltach. Wzrost napięcia na siatce powoduje skrócenie długości generowanej fali i odwrotnie. Uzyskiwane długości fal leżały w zakresie 15 cm – 2 m.

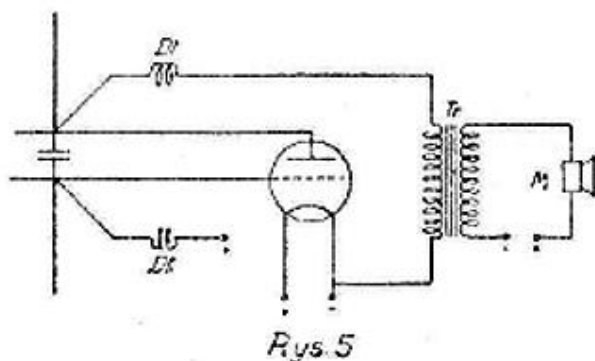
¹⁵ Gdy gałąź sprzężenia zwrotnego była podłączona do anody równolegle (jak na schemacie) był to audion w układzie Reinartza. W układzie Schnella cewka reakcji jest włączona szeregowo do obwodu anodowego.

¹⁶ W okresie międzywojennym zamiast nazwy *schemat* używano często słowa *szemat* odpowiadającego niemieckiej wymowie tego słowa.

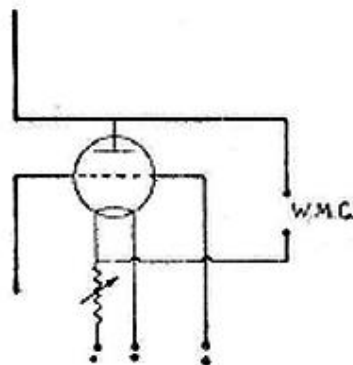


Rys. 4.

Rys. 2.4.2. Zasada pracy generatora Barkhausena



Rys. 5



Rys. 6.

Rys. 2.4.3. Schematy nadajnika i odbiornika w układzie Barkhausena

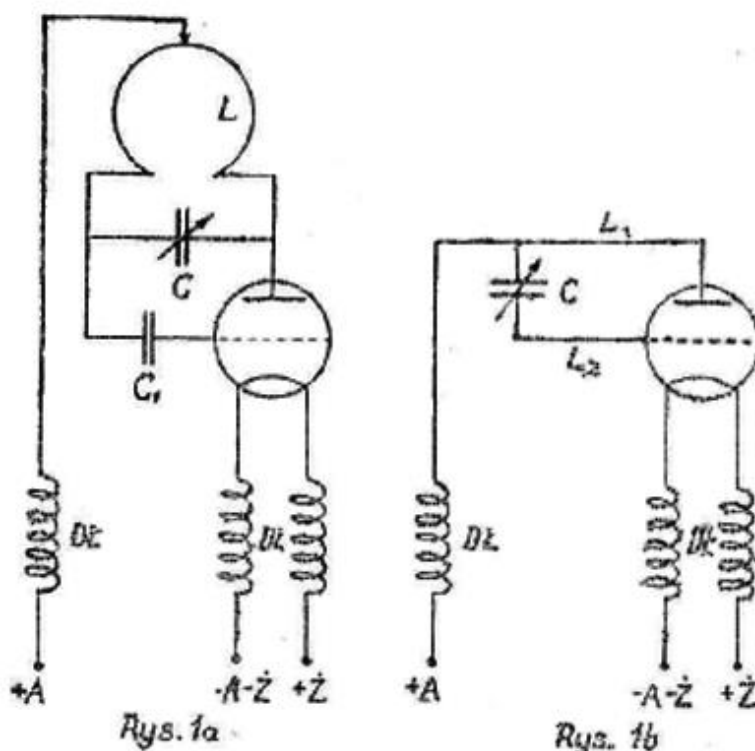
Rysunek 5 na ilustracji 2.4.3 przedstawia schemat nadajnika dla fal decymetrowych z generatorem Barkhausena. Obwody siatki i anody zawierają dławiki w.cz., które można też opuścić. Linia Lechera jest podłączona jednym końcem z anodą i siatką lampy a drugim końcem z anteną nadawczą. Antena składa się z dwóch przewodów miedzianych o średnicy 3 mm i łącznej długości połowy fali. W punktach podłączenia anteny do linii Lechera włączony jest kondensator. Dla transmisji fonicznej modulator (uzwojenie wtórne transformatora modulatoryjnego) należy włączyć do obwodu anodowego jak to pokazano na schemacie. Jako lamp nadawczych można było użyć tylko lamp o koncentrycznej konstrukcji elektrod i o równych odległościach między siatką i katodą oraz między siatką i anodą.

Na rysunku 6 na tej samej ilustracji przedstawiony jest schemat odbiornika Barkhausenowskiego. Antena wykonana z rurek miedzianych jest podobna jak w nadajniku a dostrojenie odbiornika uzyskuje się przez zmianę jej długości i przez zmianę napięcia siatki. Na końcach anteny były umieszczone rurki wsuwane teleskopowo. Promienniki anten można było też umieścić w reflektorze, jak na rys. 2.1.7.

Nadajniki i odbiorniki w układzie Barkhausena-Kurza były stosowane w czasie badań fal ultrakrótkich prowadzonych przez Instytut Radjotechniczny w ciągu jesieni i zimy 1932 – 1933. W wyniku badań opracowano układ nadawczo-odbiorczy dla łączności fonicznej w paśmie około 80 cm (około 375 MHz). Wyniki zostały opublikowane w *Wiadomościach i Pracach Instytutu Radjotechnicznego* w końcu 1933 roku jak donosił *Krótkofalowiec Polski* w numerze 12/1935 w artykule autorstwa prof. D. M. Sokolcowa. Artykuł *Instytutu Radjotechnicznego* został przetłumaczony na język niemiecki w laboratorium krótkofalowym „Telefunkena”. Następnie w Instytucie opracowano odcinek dupleksowego łącza radiowego mającego łączyć dwie sieci telefoniczne. Linia pracowała w paśmie 1,5 m i w nadajnikach zastosowano magnetrony o podzielonej anodzie. Odbiorniki pracowały w układzie superreakcyjnym a promienniki anten były umieszczone w ognisku reflektora.

Kolejnym rozwiązaniem pochodzącym z nr. 6/1933 *Krótkofalowca Polskiego* jest nadajnik w układzie Hartleya na zakres 4 – 5 m (rys. 1a na ilustracji 2.4.4). Jednozwojowa cewka obwodu rezonansowego ma średnicę 11 cm i powinna mieć kształt koła. Lampa nie powinna być znajdować się w jego wnętrzu. Dławiki w obwodach zasilania mają długość równą długości fali i były nawinięte w postaci ośmiokątnej gwiazdy o średnicy 2 cm (obecnie przeważnie stosuje się dławiki ćwierćfalowe). Można było je także

nawinać na korpusach preszpanowych¹⁷. Kondensator blokujący C_1 trzeba dobrać eksperymentalnie w granicach 200 – 1000 pF. W nadajniku mogły pracować lampy Telefunkena RE504, RE134, RE144, RE054 lub RE034. Jeśli chodzi o lampy innych producentów to autor zalecał sprawdzenie eksperymentalnie ich przydatności. Układ z rysunku 1b pozwalał przy zastosowaniu lamp RE504 lub RE134 na uzyskanie częstotliwości leżącej w paśmie 1,7 m. Cewka L_1 miała długość 12 cm a L_2 – 4 cm. Dławiki i kondensator były identyczne jak w poprzednim układzie. Rys. 2 na ilustracji 2.4.5 przedstawia schemat odbiornika UKF na zakres do 2 m. Cewka L_1 składała się z dwóch zwojów drutu o długości 23 cm, a L_2 z jednego zwoju drutu o długości 5 cm. W odbiorniku pracowały lampy RE084 lub RE134.



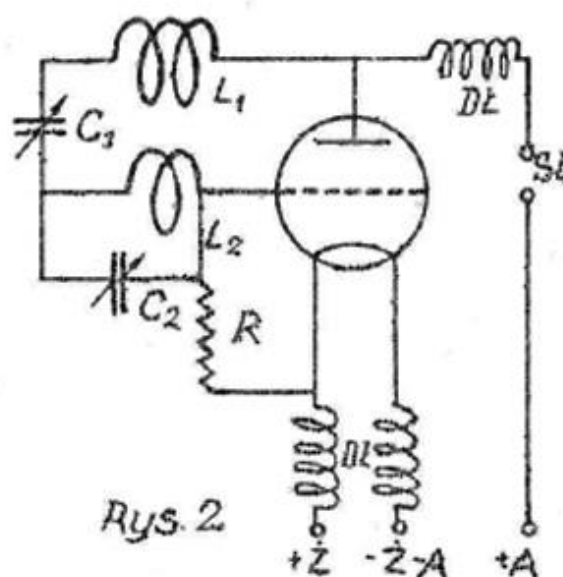
Rys. 2.4.4. Schematy nadajników na zakresy 4 – 5 i 1,7 m

Rysunek 2.4.5. przedstawia schemat odbiornika mogącego pracować również w paśmie 3 m. Cewka L_1 składa się z dwóch zwojów drutu o długości 23 cm, cewka L_2 ma jeden zwoj przewodu o długości 5 cm, opornik R – 4 M Ω , C_1 kondensator strojeniowy o jednej płytce statora i dwóch rotora, C_2 – po jednej płytce statora i rotora, dławiki jak w opisywanych powyżej nadajnikach. W odbiorniku dobrze pracowały ówczesne lampy RE084 i RE134. Napięcie zasilania przy odbiorze w paśmie 2 m musiało przekraczać 150 V. Układy nie działały na falach krótszych niż 1,7 m. Dla nich pozostawały opisywane powyżej układy Barkhausena.

¹⁷ Preszpan jest rodzajem wielowarstwowej mocno sprasowanej tektury, w której surowcem jest papier o grubości od 0,1 do 50 mm. Powierzchnia preszpanu jest gładka, trudno nasiąkalna. Posiada dużą wytrzymałość mechaniczną na ścieranie i zginanie.

Do produkcji preszpanu używa się szlachetnych surowców włóknistych w postaci półmasy bawełnianej, twardej masy celulozowej, makulatury. Najcieńsze preszpany produkowano na maszynach płaskositowych, najbardziej popularne – do grubości 5 mm wykonywano na tekturówkach lub na maszynach okrągłositowych. Duże grubości wykonywano poprzez sklejenie kilku arkuszy. Aby uzyskać efekt gładkości, materiał obrabiany był poprzez prasowanie i gładzenie w kalandrze frykcyjnym, następnie był polerowany kamieniami agatowymi.

Preszpan używany jest jako materiał izolujący w elektrotechnice. Używano go także jako materiał na oprawę teczek, do wyrobu brulionów. We włókiennictwie stosowany był do wykańczania tkanin. Wykonywano z niego uszczelki do wody, olejów itp. (Wikipedia)



Rys. 2.4.5. Schemat odbiornika

2.5. Magnetrony

W laboratoriach znanych firm radiotechnicznych (*Philipsa* itd.) prowadzono w tym czasie próby z nadajnikami fonicznymi na magnetronach. Mogły one pracować na falach 1 m osiągając sprawność 30% – a więc znacznie przekraczającą sprawności nadajników w układzie Barkhausena. Moce doprowadzone do lampy dochodziły do 150 W.

Rys. 2.5.1. Reklama magnetronu z numeru 1/1936 *Krótkofalowca Polskiego*



Rys. 2.5.2. W numerze 1/1935 Philips zamieścił także ogólną reklamę lamp nadawczych dla fal ultrakrótkich.

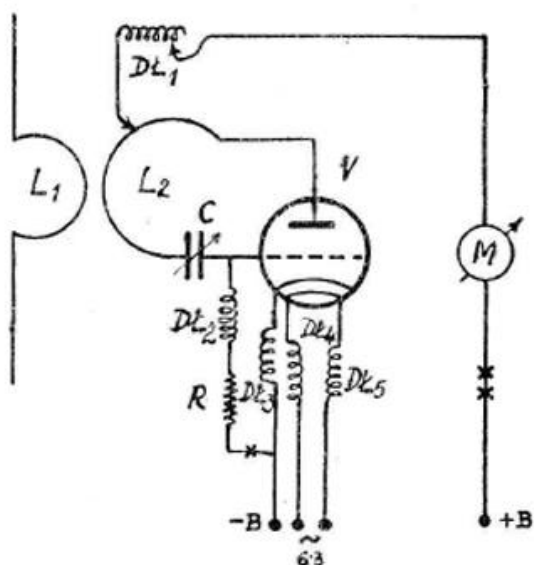
2.6. Układy nadawczo-odbiorcze UKF SP1AR

W artykule p. t. *Poniżej 1 metra* z nr. 6/1936 *Krótkofalowca Polskiego* Jan Ziembicki SP1AR zwracał uwagę krótkofalowców na możliwości wykorzystania zakresów UKF o długości fali poniżej 1 m, ubolewając jednocześnie, że dobrze już wówczas opanowane pasma 10 i 5 m są zbyt rzadko wykorzystywane przez polskich radioamatorów i są ciągle uważane za tajemnicze, trudne lub przeznaczone dla specjalistów. W opisanych rozwiązaniach dla częstotliwości nawet 10-krotnie większych niż dla pasma 5 m w miejsce zwykłych lamp pracujących w układzie Barkhausena lub stosowanych wówczas w technice profesjonalnej magnetronów autor użył lamp żółdziowych – triod typu 955 firmy R.C.A. produkowanych też i przez niektóre wytwórnie europejskie. Były to lampy pośrednio żarzone, o małych wymiarach (średnica 12 mm) i ciężarze (4 g) co pozwalało na ich użycie w zminiaturyzowanych urządzeniach przenośnych. Napięcie żarzenia wynosiło 6,3 V a pobór prądu 0,16 A. Katalogowa moc admissyjna wynosiła wprawdzie 1 W, ale dzięki grafitowanej anodzie mogła być ona znacznie przekroczona bez obawy uszkodzenia lampy. Maksymalne napięcie anodowe wynosiło 180 V. Lampa oscylowała w zakresie fal do 40 cm (750 MHz) dzięki małym pojemnościom wewnętrznym: siatka-anoda 1,4 pF, siatka-katoda 1 pF, a anoda-katoda 0,6 pF. Lampa żółdziowa charakteryzowała się wyprowadzeniami elektrod rozłożonymi dookoła bańki lampy. Zmniejszało to ich szkodliwą pojemność i indukcyjność i umożliwiało pracę przy wyższych częstotliwościach (UKF).

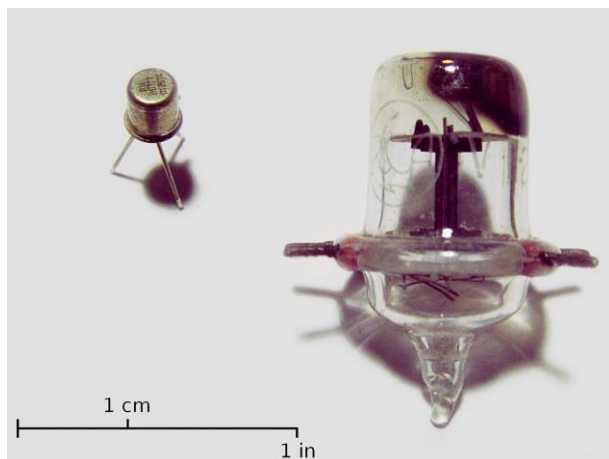
SP1AR wypróbował jej pracę w klasach A i C. Następnym typem lampy żółdziowej była pentoda 954 tej samej firmy. Obie lampy były używane również po wojnie i produkowane pod innymi oznaczeniami przez różne firmy.

Rys. 2.6.1 przedstawia schemat nadajnika SP1AR na lampie 955. Sam schemat nie odbiegał od rozwiązań dla fal metrowych 3 – 5 m. Dławik 1 – 2 x 12 zw. o średnicy 6 mm są nawinięte przewodem 0,7 mm, pozostałe dławiki miały po 15 zw. nawiniętych na średnicy 4 mm (dł. 2) lub 6 mm (dł. 3 – 5). Opornik R ma wartość 20 kiloomów. Cewka antenowa L_1 miała 3/4 zwoju grubego drutu, a sama antena – długość 1/4 lub 3/4 fali. Korzystne było umieszczenie jej w reflektorze parabolicznym. Cewka L_2 miała 3/4 zwoju o kształcie owalnym, szerokość 25 mm i długość 80 mm dla fali 92 do 96 cm lub wymiary (odpowiednio) 23 x 40 mm dla fali 75 cm albo 23 x 25 mm dla fali 55 cm. Ich sprzężeniem można było regulować moc wyjściową. Kondensator dociskowy C w obwodzie rezonansowym z L_2 został wykonany przez autora. Sam kondensator w rezonansie z doprowadzeniami pozwalał na dojście do poniżej 50 cm. Nadajnik pobierał 12 mA prądu przy napięciu anodowym 200 V. Miliamperomierz M miał zakres 20 mA. Służył on również jako wskaźnik oscylacji – po dotknięciu palcem cewki L_2 jego wychylenie rosło. W punkcie "x" można było włączyć transformator mikrofonowy lub miernik prądu siatki a w punkcie "xx" - klucz telegraficzny. Oprócz modulacji siatkowej autor polecał też modulację anodową z wykorzystaniem lampy EL1 w modulatorze. Transformator modulacyjny należało włączyć w punkcie x, a w punkcie xx można było włączyć klucz telegraficzny. Dla zwiększenia zrozumiałości telegrafii nadajnik można było zasiląć źle odfiltrowanym napięciem z sieci lub zamiast mikrofonu podłączyć kluczkowany brzęczyk. Otrzymywało się wówczas kluczkowanie A2. Możliwa była również

modulacja anodowa z zastosowaniem pentody EL1. Nadajnik mógł być zasilany także z baterii. Był on zmontowany luźno na deseczce o wymiarach 6 x 8 cm.

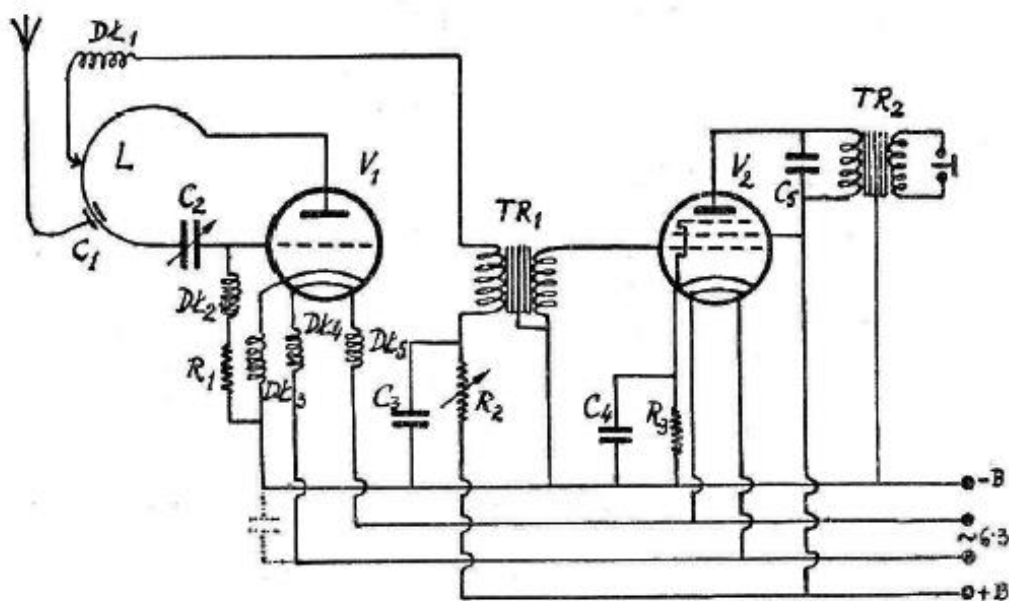


Rys. 1.



Rys. 2.6.1. Schemat nadajnika SP1AR na lampie żołądziowej

Fot. 2.6.1.a. Porównanie wielkości triody żółdziowej typu 955 ze współczesnym tranzystorem



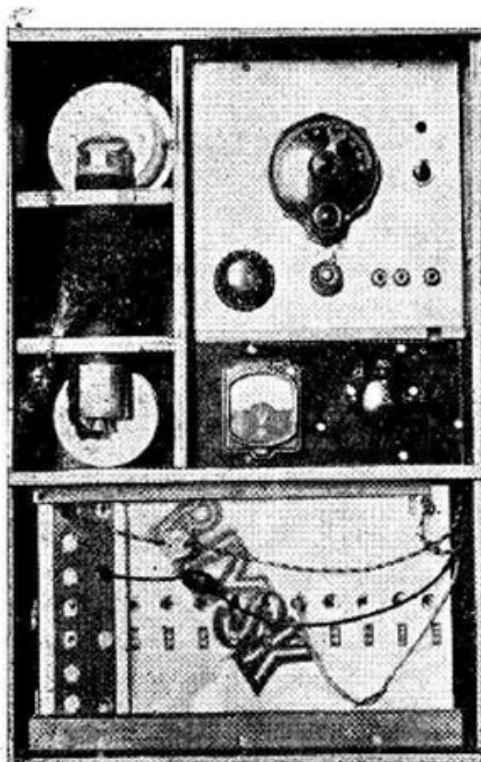
Rys. 2.

Rys. 2.6.2. Odbiornik dwulampowy SP1AR

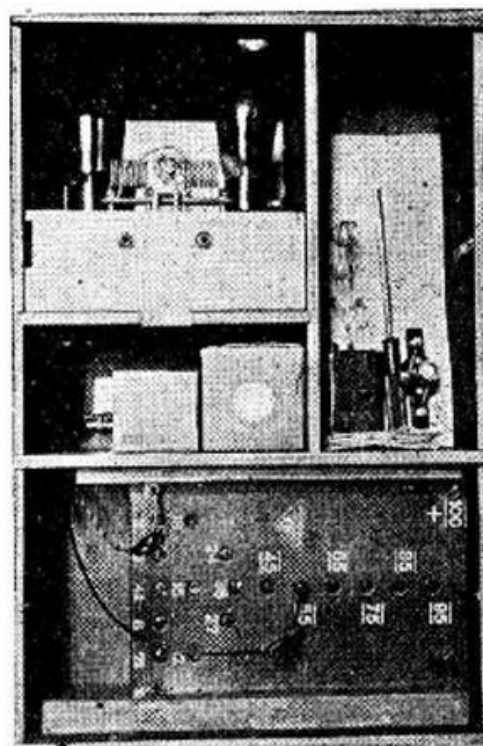
Odbiornik reakcyjny (rys. 2.6.2) pracował na lampach 955 i pentodzie EL1. Transformator Tr1 miał przekładnię 1:5, a Tr2 był transformatorem głośnikowym. Dławiki były wykonane identycznie jak w nadajniku, opornik R_1 miał wartość 50 kiloomów, R_2 – 20 kiloomów a R_3 – 550 omów/1,5 W. Kondensator C_1 był wykonany w postaci kilku zwojów drutu na cewce L_1 , C_2 miał pojemność 25 cm. Cewkę L stanowiły doprowadzenia kondensatora C_2 łączące go z lampą. Kondensator C_3 miał pojemność 4,7 $\mu\text{F}/700\text{ V}$, C_4 – 25 $\mu\text{F}/50\text{ V}$, a C_5 – 2000 cm.

Do pomiaru długości fali autor stosował linię Lechera. Zamiast przedstawionego odbiornika reakcyjnego można by było zastosować odbiornik superreakcyjny. Zwiększenie opornika R_1 do około $1\text{ M}\Omega$ przekształcało układ w odbiornik superreakcyjny z wygaszaniem własnym. Zdaniem autora artykułu dawał on jednak gorsze rezultaty. Autor zalecał zmontowanie odbiornika na metalowym chassis. Napięcie zasilania miało wartość $150 - 180\text{ V}$. W razie występowania przydźwięku sieci autor zalecał dołączenie kondensatora $1\text{ }\mu\text{F}$ w miejscu pokazanym na schemacie liniami przerywanymi. Kondensator C_1 służył do zgrubnej regulacji sprzężenia zwrotnego (reakcji).

2.7. Ultrakrótkofalowa stacja standardowa sekcji U. K. F. Poznańskiego Klubu Krótkofalowców



Ryc. 1.



Ryc. 2.

Fot. 2.7.1. Wygląd radiostacji. Po prawej stronie znajduje się aparat nadawczo-odbiorczy na aluminiowym chassis, poniżej przelączany trzyzakresowy miernik napięcia anodowego, żarzenia i prądu anodowego, w przegródce po lewej stronie mikrotelefon a w przegródce u dołu bateria anodowa 120 V

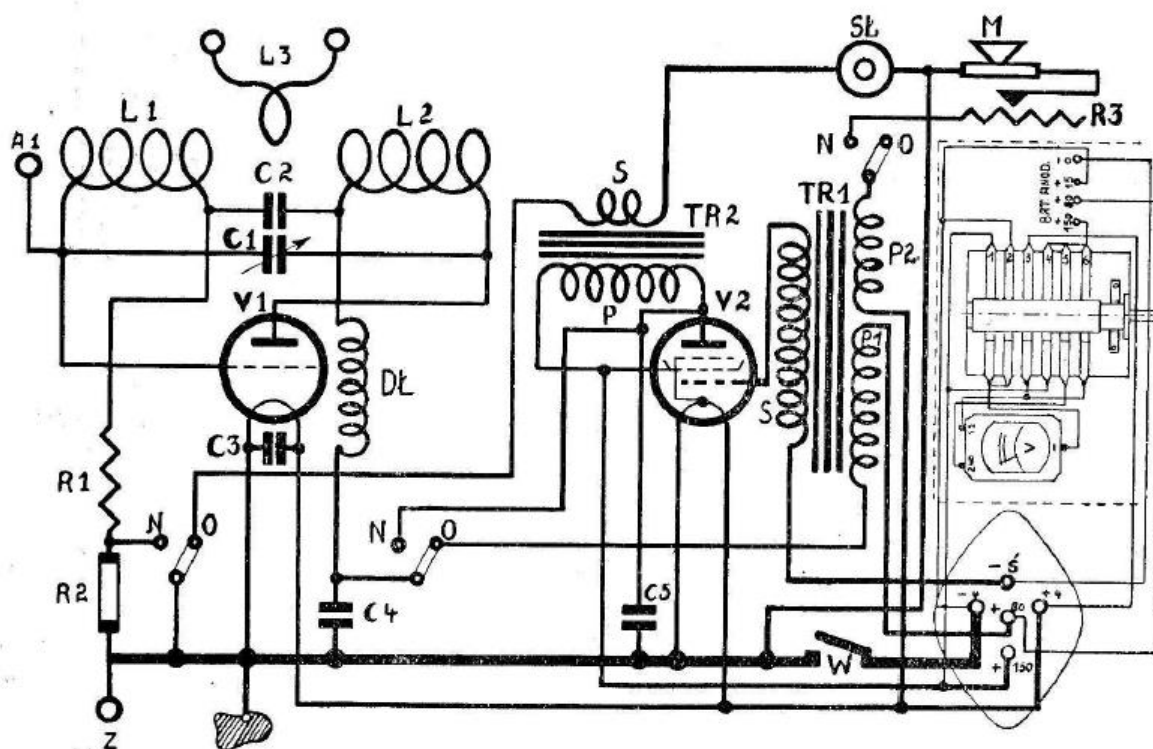
Fot. 2.7.2. Widok od tyłu. U dołu przewidziano miejsce na zapasowe lampy, z prawej strony cewki dla pasma 56 MHz i inne drobiazgi, u dołu bateria anodowa i akumulator żarzeniowy $4\text{ V}/10\text{ Ah}$

Opis stacji ukazał się w numerze 8/1936 *Krótkofalowca Polskiego*. Była ona przeznaczona do badań terenowych rozchodzenia się fali przyziemnej w pasmach 28 i 56 MHz i dysponowała mocą 2 W . Planowane było też użycie jej dla celów służby łącznościowej podczas katastrof żywiołowych i dla celów ratownictwa górskiego. Całość konstrukcji mieściła się w skrzynce drewnianej o wymiarach $470 \times 306 \times 238\text{ mm}$ wykonanej ze sklejk wodoodpornej o grubości 8 mm (na zdjęciu – po usunięciu przedniej ścianki skrzynki). Na zdjęciu w górnej części skrzynki widać radiostację zmontowaną na chassis aluminiowym, poniżej przelączany instrument pomiarowy do pomiaru napięcia anodowego, napięcia żarzenia i prądu anodowego. Przegródka po lewej stronie była przeznaczona dla mikrotelefonu, ponieważ była to w pierwszym rzędzie stacja foniczna. W dolnej przegródce znajduje się bateria anodowa 120 V . Miejsce z tyłu było przeznaczona na zapasowe lampy i wymienne cewki oraz inne podręczne akcesoria jak m.in. latarka. Antena półfalowa była wykonana z pręta bambusowego, wewnątrz którego przeciągnięto drut posrebrzony $1,3\text{ mm}$. Dla pasma 28 MHz składała się ona

z czterech części po 1,2 m (całkowita długość 4,8 m) zakończonych tulejkami zapewniającymi kontakt elektryczny. Antena była wkładana do gniazdka w górnej ścianie skrzynki. Czas rozstawienia stacji wynosił 30 sek.

Schemat stacji przedstawia rys. 4 na ilustracji 2.7.3. Jest to 2-lampowe urządzenie nadawczo-odbiorcze przełączane przełącznikiem "NO". Przełączał on opór siatkowy lampy V1 (na większy, zapewniający wygaszanie superreakcji, w czasie odbioru) i podłączał słuchawki względnie mikrofon. W trakcie nadawania lampa V1 pracuje jako oscylator w zmodyfikowanym układzie Colpittsa, przy czym kondensator C_1 (15 cm) służy do strojenia obwodu, a C_2 jest kondensatorem siatkowym podłączonym w szereg z obwodem strojonym. Opór siatkowy i dławik są podłączone do zimnego końca cewki. Opornik R2 jest zwarty a R1 dobrany tak, aby lampa pracowała w optymalnym punkcie pracy. Lampa V2 pracuje w klasie A jako modulator Heisinga (dławikowy). Potencjometr R_3 służy do regulacji wysterowania – prądu płynącego przez uzwojenie P_2 transformatora TR1 pobieranego z baterii żarzeniowej. Wtórne uzwojenie TR1 jest połączone z anodą lampy modulatora V2, której anoda jest połączona z anodą V1 przez dławik w.cz. DŁ. Zaporą dla prądu zmiennego jest pierwotne uzwojenie transformatora TR2, przez które płynie prąd anodowy. Kondensatory C_3 i C_4 służą do odprowadzenia resztek prądów w.cz., a C_5 do wypłaszczenia krzywej rezonansu m.cz.

Antena półfalowa z trzciny bambusowej, wewnątrz której przeciągnięty był drut posrebrzany o grubości 1,5 mm jest dołączana do punktu A1 czyli bezpośrednio do siatki oscylatora. Anteny dłuższe (2 x 1/4 fali, 2 x 3/4 fali itd. z przeciwwagą są sprzężone za pomocą cewki L_3 . Dla pasma 28 MHz antena miała długość 4,70 m i składała się z czterech elementów o długościach 1,2 m z mosiężnymi tulejkami na końcach. Autor podkreślał, że dobre wyniki można osiągnąć korzystając z ćwierćfalowej anteny pionowej.



Ryc. 4.

Rys. 2.7.3. Schemat ideowy radiostacji. Po prawej stronie widoczny przełącznik funkcji pomiarowych

W trakcie odbioru lampa V1 pracuje jako detektor superreakcyjny w układzie Flewellinga czyli z własnym wygaszaniem z częstotliwością około 20 kHz (układ z oddzielnym generatorem wygaszającym był znany jako układ Armstronga). Napięcie anodowe lampy V1 wynosi 80 V i jest podawane przez uzwojenie pierwotne P_1 transformatora TR1. Wtórne uzwojenie TR1 pozostaje niezmiennie połączone do siatki V2, która pracuje jako wzmacniacz m.cz. sterujący słuchawkę o niskiej impedancji. W począt-

kowym okresie rozwoju radiotechniki i radiofonii odbiorniki superreakcyjne były stosowane w zakresie fal średnich ale zyskały sobie złą sławę jako trudne w strojeniu i niestabilne w pracy oraz, z samej zasady działania powodujące zakłócenia. Rozpowszechniły się one dopiero po opanowaniu zakresów fal ultrakrótkich.

Autor artykułu, Jan Sroczyński SP1BR podkreślał niskie koszty tego rozwiązania i wykorzystanie łatwo dostępnych części. Poznański Klub Krótkofalowców udostępniał po cenie kosztów własnych szczegółowe rysunki konstrukcyjne stacji.

2.8. Ultrakrótkofalowa stacja na pasma 5 m i 70 cm SP1AR

W artykule *Transceiver na dwa pasy, przenośny aparat nadawczo-odbiorczy dla fal metrowych i decymetrowych* w numerach 10 i 11/1936 *Krótkofalowiec Polskiego* Jan Ziembicki przedstawił konstrukcję dwupasmowej radiostacji małej mocy dla początkujących na zakresy 56 i 430 MHz. Z wymienionego artykułu wynika też, że wówczas spotykane były konstrukcje radiostacji dwupasmowych na pasma 56 i 112 MHz (odpowiednio 5 i 2,5 m), począwszy od jednolampowych superreakcyjnych aż po wielolampowe superheterodyny z superreakcją, często z wykorzystaniem nowoczesnych wówczas lamp bateryjnych lub samochodowych¹⁸. Lampy generatora nadajnika były często zasilane wyższym napięciem przez przetwornicę podłączoną do baterii żarzenia. Stosowano modulatory amplitudy w klasie B czyli przeciwsołbne.

W zakresie UKF wymiana cewek nie wchodziła w grę dlatego też prezentowane rozwiązanie jest wyposażone w dwa oddzielne oscylatory. Radiostacja jest zasilana bateryjnie i pracuje przy odbiorze jako 0-V-1 z oddzielnymi detektorami dla obu pasm i dwustopniowym wzmacniaczem transformatorowym m.cz. Detektor superreakcyjny dla pasma 430 MHz – lampa V2 – z własnym wygaszaniem (uzyskanym dzięki użyciu stosunkowo dużego oporu siatkowego) pracuje na triodzie żółdziowej typu 955. Częstotliwość wygaszania w układach superreakcyjnych wynosiła kilkanaście do dwudziestu kHz. Detektor dla pasma 56 MHz – lampa V1 – pracuje jako zwykły audion z reakcją regulowaną oporowo. Dwustopniowy wzmacniacz oporowy m.cz. zapewnia duże wzmocnienie napięciowe konieczne dla prostych odbiorników bateryjnych. Przy odbiorze silnych sygnałów można słuchawki przełączyć z gniazda J2 do J1 i zaoszczędzić na poborze prądu żarzenia przez drugą lampę. W trakcie nadawania człon detektorowy pełni rolę nadajników modulowanych siatkowo (zastosowanie modulacji anodowej wymagałoby zwiększonego poboru energii i dodania jeszcze jednego stopnia). Radiostacja była zasadniczo przewidziana do pracy fonicznej i pomimo, że mogła być dostosowana do transmisji telegraficznej autor nie zalecał tego ze względu na niestabilność częstotliwości. Jako lampę V1 zastosowano A415, A414 lub B409, V2 – RCA955 lub odpowiednik europejski, V3 – A425, V4 – A409. Cewka dla pasma 56 MHz składała się z jednego zwoju przewodu izolowanego 1 mm i miała średnicę 25 mm, L₂ i L₃ – były to dwie identyczne cewki z drutu srebrzonego 2 mm, każda po 4 zwoje o średnicy 20 mm, odstęp między nimi wynosił 9 mm, pomiędzy nie była wsunięta cewka L₁, cewka L₄ (antenowa dla pasma 430 MHz) składała się z 3/4 zwoju przewodu izolowanego 1 mm i miała wymiary identyczne z L₃, L₅ stanowiły połączenia końcówek lampy z kondensatorem C₄. Sprzężenie między L₄ i L₅ należało dobrać eksperymentalnie. Pojemności kondensatorów: C₁ – antenowy dla 56 MHz – 5 cm, C₂ – 100 cm bezindukcyjny wysokiej jakości, C₃ – neutrodon najlepiej dwustatorowy – 30 cm, C₄ – neutrodon najlepiej dwustatorowy 25 cm, C₅ – 2 μF/700 V, C₆ – kilka tys. cm. Opornik mikrofonowy R₁ miał wartość kilkudziesięciu omów, R₂ – nadawczy opornik siatki 20 kΩ/1,5 W, R₃ – odbiorczy opornik siatkowy 2 MΩ, R₄ – opornik nadawczy siatki 20 kΩ/1,5 W, R₅ – opornik żarzenia RCA955 25 Ω, R₆ – potencjometr logarytmiczny dobrej jakości 200 kΩ. Transformator Tr₁ o wysokiej przekładni z uzwojeniem pierwotnym dostosowanym do mikrofonu, Tr₂ – o przekładni 1 : 5, Tr₃ o przekładni 1 : 3. Dławiki dł2, dł3 i dł10 dla pasma 5 m miały po 20 zwojów przewodu w izolacji nawiniętego na średnicy 10 mm. Dławiki dł5, dł6, dł7, dł8, dł9 dla pasma 70 cm miały po 25 zwojów przewodu bez izolacji o średnicy 0,7 mm, nawiniętego na karkasie o średnicy 6 mm. Bp był bez-piecznikiem 80 mA.

¹⁸ Lampy samochodowe były przystosowane do pracy z niskimi napięciami anodowymi, ale nie musiały być tak oszczędne pod względem zużycia energii jak bateryjne. Wiele typów lamp bateryjnych pracowało natomiast przy wyższych napięciach anodowych (kilkadziesiąt woltów), ale istotny był możliwe niski pobór prądu żarzenia.

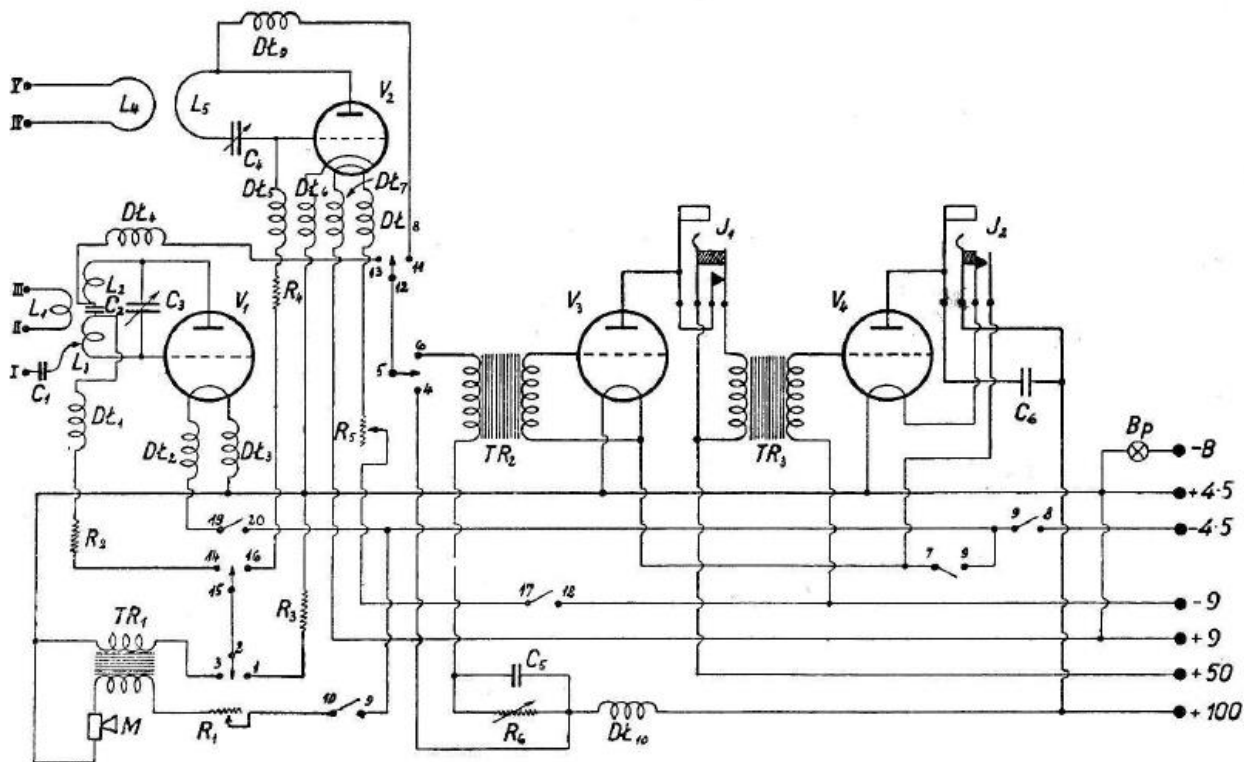
Do zasilania stosowana była bateria anodowa 100 V, żarzeniowa i mikrofonowa 4,5 V, żarzeniowa dla lampy 955 – 9 V (dwie baterie 4,5 V szeregowo) służącą też do zasilania siatki V1. Moc wyjściowa wynosiła ok. 0,5 W przy napięciu anodowym 100 V, można ją było powiększyć do 2 W stosując baterie anodowe innego typu o napięciu 200 V. SP1AR wykonał dwie identyczne radiostacje tego typu, obie były wyposażone w anteny pionowe dla pasm 56 i 430 MHz. Były one umieszczone w skrzynkach drewnianych o wymiarach 250 x 330 x 360 mm i o grubości ścianek 10 mm. Całość ważyła nieco ponad 4 kg bez baterii, a po uwzględnieniu ciężaru anteny na 430 MHz, słuchawek itp – ponad 8 kg. Waga baterii, w zależności od typu wynosiła ok. 3 - 4 kg, a więc całość ważyła ok. 12 kg. W denku znajdował się gwint statywowy co pozwalało na umieszczenie ich na statywie fotograficznym. W paśmie 56 MHz można było korzystać z pionowych dipoli ćwierć- lub półfalowych, natomiast dla pasma 430 MHz autor podawał sposób wykonania 9-elektrowej anteny Yagi z reflektorem złożonym z trzech prętów.

Opracowując konstrukcję radiostacji autor korzystał ze swojej wieloletniej praktyki w zakresie UKF i z doświadczeń zdobytych w trakcie wyprawy na Howerlę. Radiostacje zostały wypróbowane w terenie podgórskim i zdobyte na nich doświadczenia potwierdziły wyniki poprzednich.

Ze względu na małą moc nadajników radiostacja ta przeznaczona w zamyśle konstruktora dla początkujących adeptów pasm UKF miała służyć do łączności polowych i eksperymentalnych. Autor proponował też zastosowanie baterii anodowej o napięciu dwukrotnie wyższym co dałoby czterokrotny wzrost mocy i powiększenie zasięgów, oraz zastosowanie anten kierunkowych z reflektorami.

Doświadczenia z łącznościami w pasmach UKF prowadzili w 1936 i 1937 roku SP1AR i PL343 (Elżbieta Rosienkiewiczówna, późniejsza żona Ziembickiego) częściowo z udziałem innych nadawców (m.in. SP1MJ). PL były znakami nasłuchowymi. W eksperymentach stosowano także inne rozwiązania nadajników i odbiorników.

Obszerną serię artykułów p.t. „Idziemy na falach ultrakrótkich” poświęconą układom UKF, ich działaniu i konstrukcji zamieścił w *Krótkofalowcu Polskim* w latach 1937 – 1938 lwowski krótkofalowiec Borys Borysowski SP1WU, PL363.



Rys. 1.

Rys. 2.8.1. Schemat ideowy radiostacji na pasma 56 i 448 MHz

2.9. Nadajnik-odbiornik na pasmo 5 m

W numerze 1/1938 *Krótkofalowiec Polskiego* PL396 opisuje prostą radiostację nadawczo-odbiorczą na pasmo 5 m czyli 56 MHz¹⁹. Była ona zasadniczo pomyślana jako przystawka do odbiorników bateryjnych i sieciowych 0-V-1 lub -2. Odbiornik musiał mieć reakcję regulowaną oporowo, a pierwszy stopień m.cz. musiał być transformatorowy. Przystawka pracowała w układzie Hartleya (zwanym też układem trójpunktowym, czyli mającym odczep na cewce obwodu rezonansowego) pozwalając na odbiór tegracji i fonii. Przy nadawaniu lampa jest modulowana w siatce. Można było także pracować telegrafią chociaż występowały problemy ze stabilnością częstotliwości.

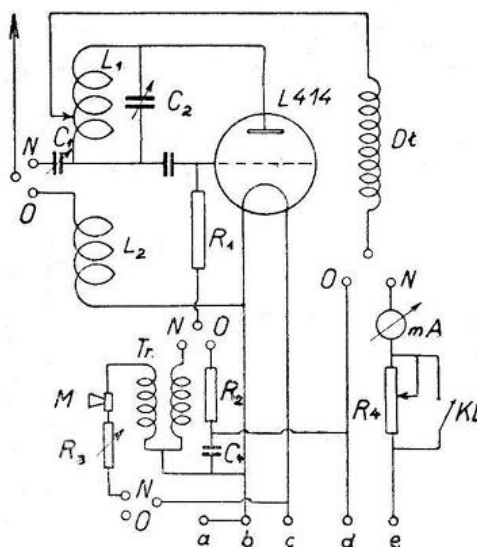
Spis elementów:

C_1 – kondensator dociskowy (nazywany wówczas również ściskany) 150 cm, C_2 – neutrodon 25 – 40 pF (praktycznie trymer o niewielkiej liczbie płytek rotora i statora, w skrajnym przypadku nawet po jednej lub dwie), C_3 – 50 pF, C_4 – 3000 cm (zauważmy tutaj mieszanie jednostek pF i cm).

Opornik R_1 – 0,03 M Ω , R_2 – 10 – 15 M Ω (mogło być połączenie szeregowo kilku mniejszych wartości), R_3 – 30 Ω , R_4 – 400 Ω . Zasadniczo przy takiej oporności R_2 odbiornik powinien pracować z superreakcją, chociaż w tekście jest mowa o odbiorze fonicznym bez niej.

Tr – transformator mikrofonowy dowolnego (ówczesnego) typu, 5 zwoi na średnicy 3 cm z odstępem międzyzwojowym 1 cm, na płycie bakelitowej z nóżkami o odstępach po 2 cm (wymienna). Dł – dławik sekcyjny 10, 20, 30, 40 50 zwojów w odstępach 3 mm na korpusie o średnicy 2 cm, przewód 0,2 mm.

Dodatkowo potrzebny był mikrofon węglowy, przełącznik, płytka ebonitowa, cokol lampowy 5-nóżkowy i deseczki ze sklejk do konstrukcji obudowy. Przystawkę należy połączyć z odbiornikiem przez włożenie cokołu lampowego do gniazdka lampy detektora (reakcyjnego) – po uprzednim wyjęciu tej lampy. Połączenia zasilania i m.cz. w cokole należało dopasować do połączeń w gniazdku lampy.



Rys. 1.

Rys 2.9.1. Schemat przystawki nadawczo-odbiorczej na pasmo 56 MHz

¹⁹ W przedwojennych spisach znaków nasłuchowych podane jest jedynie QTH – Lwów. Autor nie znalazł jak dotąd imienia, nazwiska ani późniejszego znaku nadawcy. W okolicach 1932 roku niektórzy nasłuchowcy nie mogąc się doczekać przyznania znaku SP nadawali pod znakiem nasłuchowym [3].

3. Powojenne lampowe konstrukcje UKF

Pierwsze w Polsce powojenne maksimum aktywności UKF-owej miało miejsce w latach 1950 – 1951. Pierwszą w Polsce łączność zagraniczną w paśmie 144 MHz nawiązała poznańska stacja SP3PD/UE w 1954 r., jej korespondentem był DL7FS z Berlina. Stacja polska była wyposażona w 7-lampowy nadajnik kwarcowy z dwoma lampami LD15 w stopniu końcowym, konwerter na lampach żołądziowych (wzmacniacz i mieszacz pracowały na żołądziowych pentodach 954 a oscylator na żołądziowej triodzie 955; odbiornik zawierał w sumie 11 lamp) i trzypiętrową antenę obrotową 4 nad 4²⁰. Częstotliwość pośrednia odbiornika wynosiła 3,5 MHz. W wzmacniaczu p.cz. pracowały dwie lampy 6K7, i detektor na lampie 6Q7. Generator dudnieniowy (BFO) do odbioru telegrafii pracował na lampie 6C5 a wzmacniacz m.cz. na EL3.

W 1956 roku firma RCA rozpoczęła produkcję nuwistorów. Były to miniaturowe lampy ceramiczno-metalowe. Charakteryzowały się dużymi częstotliwościami pracy, lepszymi od zwykłych lamp parametrami szumowymi i stosunkowo niskim mikrofonowaniem²¹. Znajdowały zastosowanie głównie w telewizyjnych głowicach UKF i UHF telewizorów, oraz w sprzęcie specjalnym. Wyszły z użytku na przełomie lat 60. i 70.

Pionierami łączności na dwójce byli SP3AN, SP3PS, SP3UE i SP3-014 oraz Tadeusz Matusiak SP6XA²². W tym czasie stacje polskie pracowały oprócz 144 MHz także w pasmach 86 i 432 MHz. Pasma 87 MHz leżące poniżej zakresu radiofonicznego było również dostępne w Czechosłowacji i w Związku Radzieckim. Według informacji umieszczonych w numerze 9/1955 *Radioamatora* krótkofalowcy w niektórych krajach europejskich mieli dostęp do pasm później używanych do innych celów (oprócz zakresów 144 – 146 MHz i 420 – 460 MHz):

- we Francji 72 – 72,8 MHz,
- w Czechosłowacji 85 – 87 MHz i 220 – 225 MHz,

²⁰ Mieszacz jesat układem elektronicznym służącym do wytworzenia z dwóch wejściowych sygnałów zmiennych trzeciego sygnału zmiennego o częstotliwości będącej kombinacją (sumą lub różnicą) częstotliwości sygnałów wejściowych. Do przeprowadzenia mieszania dwóch częstotliwości potrzebny jest element nieliniowy – np. dioda, tranzystor, lampa próżniowa lub inny specjalny układ. Mieszanie może zachodzić na drodze sumacyjnej (na wejście elementu podana jest suma obu sygnałów) lub iloczynowej (oba sygnały są podawane na oddzielnie wejścia analogowego układu mnożącego), mówimy wówczas odpowiednio o mieszaczach sumacyjnych lub iloczynowych.

Mieszacze znalazły szerokie zastosowanie w radiotechnice – pojawiły się w powszechnym użyciu pod koniec lat 20. XX wieku i są powszechnie wykorzystywane do dzisiaj, gdyż są podstawą odbioru superheterodynowego stosowanego niemalże we wszystkich odbiornikach fal radiowych. Jest to możliwe, gdyż przy mieszaniu sygnału o pewnej szerokości pasma (np. sygnału zmodulowanego AM) z sygnałem o stałej częstotliwości (sinusoidalnym) zostaje zachowane pasmo sygnału wejściowego, tylko przeniesione w inne miejsce na osi częstotliwości (zachowane zostają szerokości, kształt, czy stosunki amplitud wstęp bocznych).

Podstawowym parametrem mieszacza jest nachylenie przemiany, wyrażane w mA/V (miliamper na wolt), analogicznie jak nachylenie lamp wzmacniających. Analogicznie jest też interpretowany podaje stosunek prądu wyjściowego (z anody lampy) mieszacza do napięcia sygnału (nie heterodyny!) na wejściu mieszacza. Jako sygnał wyjściowy bierzemy tylko pożądaną przez nas składową, a nie całość tego sygnału. Nachylenie przemiany zależy od układu mieszacza i zastosowanej lampy i jest zawsze mniejsze od nachylenia tej samej lampy pracującej jako wzmacniacz.

²¹ Mikrofonowanie – zjawisko w analogowych elementach elektronicznych polegające na tworzeniu się pasożytniczego mikrofonu. Mikrofonowanie dotyczy najczęściej takich elementów, których fragmenty mogą się między sobą przemieszczać. Mogą być to bezpieczniki, żarówki, lampy elektronowe - które zawierają cienkie druciki wibrujące pod wpływem dźwięku.

²² Tadeusz Matusiak (1912 – 2001) był m.in. sekretarzem Wrocławskiego Klubu Krótkofalowców, pracował w komisji eterowej i egzaminacyjnej ZOW PZK i wychował wielu znakomitych krótkofalowców. Był d-rem nauk technicznych, pracownikiem naukowym Politechniki Wrocławskiej i konstruktorem urządzeń wojskowych. Przed wojną był redaktorem naczelnym *Krótkofalowca Polskiego*. Od roku 1938 pełnił też funkcję kierownika laboratorium klubowego, produkującego m.in. radiostacje dla potrzeb wojska. Stacje te, projektu Jana Ziembickiego SP1AR (po wojnie SP6FZ) montowano w LKK społecznie, w oparciu o fabryczną konstrukcję szkieletową. Radiostacja składała się z odbiornika 1-V-2, nadajnika ECO, PA o mocy wyjściowej 4 W i zasilacza.

– w Związku Radzieckim 38 – 40 MHz i 190 – 195 MHz.

Część z tych zakresów została później przeznaczona na potrzeby telewizji.

W paśmie 432 MHz stosowane były m.in. nadajniki samowzbudne na lampach LD15 i odbiorniki superreakcyjne na lampach LD1. W obu pasmach najczęściej były używane mniej lub bardziej rozbudowane anteny Yagi, anteny szczelinowe albo anteny pionowe.

Większa liczba nadawców rozpoczyna pracę w pasmach 144 i 432 MHz po roku 1956. Ułatwieniem dla wyjścia w eter było pojawienie się na rynku sprzętu UKF-owego w związku z reorganizacją polskiej telewizji. Krótkofalowcy urządzali w tym czasie także ekspedycje w góry i na wybrzeże i prowadzili w ich trakcie badania nad rozchodzeniem się fal metrowych. W ramach międzynarodowego roku geofizycznego (1957) krótkofalowcy polscy prowadzili obserwacje zależności warunków łączności na UKF-ie od zjawisk meteorologicznych i geomagnetycznych. Pasmo 23 cm rozciągało się od 1215 MHz do 1300 MHz, ale było jeszcze mało używane.

Do czołowych stacji należały wówczas SP5FM (Wojciech Nietyksza), SP5KAB i SP2CO²³. Nawiązywały one wiele (również rekordowych) łączności ze stacjami zagranicznymi, a stacje SP2CO z Gdańska i SP5FM z Warszawy utrzymywały regularne łączności w 1957 r.

We wrześniu 1958 roku stacje SP3PD i SP5AU uzyskują jako pierwsze w Polsce połączenia przez odbicie od zorzy polarnej. Jedną z najciekawszych konstrukcji była 96-elementowa antena ścianowa na pasmo 144 MHz konstrukcji SP3PD. W latach sześćdziesiątych krótkofalowcy opanowali też łączności przez odbicia od zjonizowanych smug meteorów (MS).

Do zwiększenia się liczby stacji UKF przyczyniło się wprowadzenie drugiej kategorii licencji, nie wymagającej znajomości telegrafii. W 1964 roku powstał Polski Klub UKF (SP-UKF-Klub).

Pionierami łączności UKF i mikrofalowych byli m.in. SP6LB (Zdzisław Bieńkowski) i SP9MM (Krzysztof Mirosław).

Lampa elektronowa – jest elementem elektronicznym czynnym – wzmacniającym – składającym się z elektrod umieszczonych w bańce z wypompowanym powietrzem (lampa próżniowa) lub gazem pod niewielkim ciśnieniem (lampa gazowana), w którym wykorzystuje się wiązki elektronów lub jonów poruszające się między elektrodami lampy i sterowane elektrycznie elektrodami. Skonstruowanie lampy elektronowej było rewolucją w elektronice, gdyż po raz pierwszy pojawił się element pozwalający na wzmacnianie sygnałów analogowych i generowanie sygnałów wielkiej częstotliwości w zakresach tylko fal bardzo długich, ale również fal długich, średnich i krótkich. Lampy elektronowe umożliwiły między innymi krótkofalowcom na odkrycie właściwości fal krótkich i udowodnienie, że komunikacja radiowa o zasięgu światowym nie wymaga setek kilowatów mocy nadawania, jak na falach długich i bardzo długich.

- W 1897 r. Joseph John Thomson zbadał oddziaływanie pola elektrycznego i magnetycznego na strumień elektronów. Jego prace doprowadziły do odkrycia elektronu i zostały nagrodzone Nagrodą Nobla z fizyki w 1906.
- W 1904 r. John Ambrose Fleming zbudował pierwszą lampę elektronową – diodę.

²³ Wojciech Nietyksza (1932 – 2020), od 1951 roku znak nasłuchowy SP5-026, potem licencja nadawcy ze znakiem SP5UX, a następnie od 1954 r. SP5FM, Był m.in. etetowym pracownikiem Ligi Przyjaciół Żołnierza, kierownikiem Centralnego Biura QSL oraz kierownikiem Sekcji Łączności i kierownikiem stacji SP5KAB. Od 1954 r. publikował artykuły w *Radioamatorze*. W 1957 r. należał do członków założycieli Warszawskiego Oddziału PZK. Był pierwszym redaktorem naczelnym powojennego *Krótkofalowca Polskiego*. W 1964 roku był współzałożycielem Polskiego Klubu UKF i aktywnym nadawcą na pasmach UKF. Uczestniczył też w wielu zawodach UKF. Był projektantem i konstruktorem radiotelefonów: przenośnego *Klimek* i stacjonarnego *Wawa* dla GOPR-u (1965 r.). Pracowały one emisją FM w paśmie 40 MHz, miały moc wyjściową ok. 180 mW i ważyły około 1750 g. Był twórcą i zajmował się utrzymaniem sieci łączności GOPR-u. Z radiostacji Nietykszy korzystali również polscy himalaiści w tym uczestnicy pierwszej zimowej wyprawy na Mount Everest z 1980. W 1997 roku radiotelefony SP5FM zostały zastąpione przez nowocześniejsze firmy *Motorola*.

W 1972 roku został członkiem Komitetu wykonawczego IARU.

Był powojennym pionierem odrodzenia polskiego krótkofalarstwa oraz propagatorem pracy na pasmach UKF.

- W 1906 roku Robert von Lieben, austriacki fizyk i wynalazca opatentował pierwszą lampę elektronową. Była ona sterowana polem magnetycznym i została przez Liebena nazwana przekaźnikiem na promienie katodowe.
- Pierwszą lampę wzmacniającą – triodę – opracował w 1906 r. Lee De Forest.
- Irving Langmuir pracując dla *General Electric* w latach 1909–1916 udoskonał znacznie technikę próżniową i wynalazł pompę dyfuzyjną, co umożliwiło osiąganie wysokiej próżni i poprawiło znacznie parametry lamp elektronowych. Langmuir opracował podstawy teorii lamp elektronowych, co miało duży wpływ na ich późniejszy rozwój.
- W trakcie I wojny światowej Walter Schottky zbudował w zakładach *Siemens & Halske* lampę z dwiema siatkami – tetrodę.
- W 1927 r. Bernard D.H. Tellegen wynalazł lampę z trzema siatkami – pentodę.
- Pierwsza informacja o produkcji lamp w Polsce (rozpoczętej 1 grudnia 1921) dotyczy warszawskiej firmy *Radjopol*.
- *Polskie Towarzystwo Radiotechniczne* rozpoczęło w 1923 licencyjną produkcję siedmiu typów lamp odbiorczych i jednego typu nadawczego.
- Powstałe w 1922 roku Polskie Zakłady *Philips* rozpoczęły produkcję lamp w połowie lat 20. (w 1928 wyprodukowano około 286 tysięcy lamp). W 1930 roku wybudowano hutę szkła, która już w początkowym okresie dostarczała 1500 baniek dziennie, a w latach 30. Philips osiągnął na polskim rynku pozycję dominującego producenta, bliską monopolowi. W 1938 roku rozpoczęto tworzenie przyzakładowego laboratorium badawczego, konstrukcyjnego i technologicznego, ale do wybuchu wojny działania te nie zostały zakończone. Lampy *Philipsa* produkowane w Polsce często miały napisy wykonane po polsku. Można je też spotkać w innych krajach (także sygnowane przez lokalne firmy zależne, jak Valvo w Niemczech), rozpoznawalne są po umieszczanych na bańkach kodach oznaczających miejsce produkcji.
- W 1926 firma *Polon* z Bydgoszczy podjęła produkcję lamp elektronowych, wstrzymała ją pod koniec lat 20. Lampy były budowane według wzorów amerykańskich.
- W 1928 r. rozpoczęły produkcję odbiorczych lamp elektronowych Polskie Zakłady *Philips*, polski oddział firmy Marconi [w innych językach] produkował lampy nadawcze od roku 1934, a Zjednoczone Fabryki Żarówek *Tungsram* rozpoczęły produkcję lamp elektronowych w 1937 r. W latach 1935–1939 roczna produkcja lamp elektronowych w Polsce przekraczała pół miliona sztuk.
- Warszawskie Zjednoczone Fabryki Żarówek *Tungsram* rozpoczęły produkcję odbiorczych lamp elektronowych w 1937 roku i od 1938 roku stały się największym konkurentem *Philipsa*. Niestety *Tungsram* nie oznaczał na bańkach miejsca produkcji i trudno określić, które z lamp były produkowane w Polsce, a które importowane.
- W roku 1946 utworzono Państwową Wytwórnę Lamp Elektronowych w Dzierżoniowie.
- W 1947 r. zakupiono w firmie Philips licencje na wytwarzanie nowoczesnych lamp odbiorczych i w latach 1948–1949 dzierżoniowską fabrykę przeniesiono do Warszawy. Wraz z częściowo ocalałymi dawnymi zakładami *Tungsram* weszła ona w skład Zakładów Wytwórczych Lamp Elektrycznych im. Róży Luksemburg (ZWLE). W 1951 r. osiągnięto poziom produkcji lamp odbiorczych z roku 1939.
- Na początku lat 50-tych produkcja odbiorczych lamp elektronowych w Polsce wynosiła około 0,5 miliona, a w 1961 roku około 9 milionów sztuk rocznie.
- W 1956 r. powołano w Warszawie Przemysłowy Instytut Elektroniki (PIE), w którym opracowywano procesy technologiczne i produkowano różnorakie lampy specjalne. Instytut utworzył wiele oddziałów filialnych, z których część się później usamodzielniała.
- W 1957 r. w Piasecznie powstały Zakłady Elektronowe Lamina, produkujące między innymi elektronowe lampy nadawcze i mikrofalowe. W latach 90 w wyniku podziału i przekształceń własnościowych powstały istniejące do dziś zakłady Thales Lamina (produkuje lampy nadawcze) i Z.E. Lamina S.A. (produkuje lampy mikrofalowe)
- W 1961 r. uruchomiony został we Wrocławiu Zakład Doświadczalny Przemysłowego Instytutu Elektroniki, w którym produkowano m.in. lampy elektronowe; w 1965 r. zakład usamodzielniał się i zmienił nazwę na Doświadczalny Zakład Lamp Elektronowych „Dolam”; w 1977 przed-

siębiorstwo zmieniło nazwę na Centrum Naukowo-Produkcyjne Podzespołów i Urządzeń Elektronicznych „Unitra-Dolam” i w 1999 na Przedsiębiorstwo Produkcyjne Podzespołów Elektronicznych „Unitra-Dolam” S.A.; zakład ten, od 2005 roku pod nazwą Przedsiębiorstwo Produkcyjne Podzespołów Elektronicznych „Dolam” S.A., produkował m.in. lampy mikrofalowe. Po dalszych przekształceniach zakład ten wszedł w skład firmy PIT-Radwar.

Tabela 3.1

Niektóre oznaczenia powojennych lamp elektronowych według normy europejskiej

Pierwsza litera		Druga i trzecia litera	
Litera	Znaczenie	Litera	Znaczenie
D	napięcia żarzenia U_z równe 0,625V; 1,2V; 1,25V; 1,4V; 2,8V; żarzenie szeregowo lub równoległe, lampy stosowane w bateryjnych odbiornikach radiowych i innych urządzeniach zasilanych z baterii	A	dioda sygnałowa (detekcyjna)
E	napięcie żarzenia $U_z=6,3V$, żarzenie równoległe (niektóre lampy są przystosowane również do żarzenia szeregowego), lampy uniwersalnego zastosowania, początkowo miały być również zasilane z akumulatorów 6 V	B	Duodioda sygnałowa (detekcyjna)
P	prąd żarzenia $I_z=300mA$, żarzenie szeregowo, lampy przeznaczone do użytku w odbiornikach telewizyjnych	C	trioda sygnałowa (małej mocy, napięciowa)
U	prąd żarzenia $I_z=100mA$, żarzenie szeregowo, przeznaczone do odbiorników uniwersalnych czyli zasilanych z baterii lub z sieci, również z istniejących dawniej lokalnie sieci prądu stałego	D	trioda mocy, głośnikowa lub inna
O	Elementy nie wymagające żarzenia, stąd początkowo występowała jako pierwsza w oznaczeniach dioda półprzewodnikowych OA... i tranzystorów OC... Innymi elementami nie wymagającymi żarzenia były przykładowo neony – stosowane do celów sygnalizacyjnych lub jako stabilizatory napięcia	E	tetroda sygnałowa (małej mocy, napięciowa)
		F	pentoda sygnałowa (małej mocy, napięciowa)
		H	heksoda lub heptoda mieszająca
		K	heptoda przemiany częstotliwości lub oktoda
		L	tetroda lub pentoda mocy
		M	wskaźnik dostrojenia "magiczne oko"
		W	dioda prostownicza gazowana
		X	duodioda prostownicza gazowana
		Y	dioda prostownicza próżniowa
		Z	duodioda prostownicza próżniowa

Uwaga: Serie numerów występujące w oznaczeniach lamp informowały o rodzajach cokołów.

Tabela 3.2

Niektóre rodzaje lamp elektronowych

Lampa	Informacje ogólne
Dioda	<u>Dioda (próżniowa)</u> to najprostsza lampa elektronowa, posiadająca dwie elektrody – anodę i katodę. Rozgrzana katoda jest źródłem elektronów, które docierają do anody - w ten

	sposób możliwy jest przepływ prądu w jednym kierunku. Dioda próżniowa składa się z zamkniętych w próżniowej obudowie (najczęściej szklanej bańce) dwóch elektrod: wyposażonej w grzejnik katody i anody. Z rozgrzanej katody, na skutek zjawiska termoemisji, możliwa jest emisja elektronów. Przy dodatniej polaryzacji anody względem katody pole elektryczne między elektrodami przyspiesza elektrony, które docierają do anody – w ten sposób możliwy jest przepływ prądu elektrycznego. Przy polaryzacji odwrotnej pole elektryczne hamuje ruch elektronów nie dopuszczając do ich przepływu. Prąd więc płynie przez diodę tylko w jednym kierunku od anody do katody (elektrony poruszają się w kierunku przeciwnym) - wtedy, gdy anoda ma potencjał wyższy niż katoda. Lampa zawierająca dwie diody nazywa się duodiodą. Diody były stosowane m.in. w układach detekcyjnych odbiorników radiowych.
Trioda	<u>Trioda</u> składa się z umieszczonych w próżniowej bańce (najczęściej szklanej) trzech elektrod: żarzonej katody, anody i umieszczonej pomiędzy nimi siatki. Z rozgrzanej katody, na skutek zjawiska termoemisji, możliwa jest emisja elektronów. Anoda jest spolaryzowana względem katody dodatnio i pole elektryczne między nimi przyspiesza elektrony, które docierają do anody. Na pole elektryczne wpływa również siatka – możliwe jest więc sterowanie prądu anody za pomocą innej elektrody – siatki. Ponieważ siatka znajduje się dużo bliżej katody niż anoda to wpływa ona silniej na pole elektryczne w sąsiedztwie katody niż anoda – im silniej tym większe wzmocnienie da się uzyskać za pomocą lampy. Gdy siatka jest spolaryzowana ujemnie (w stosunku do katody) hamuje ona elektrony i zwraca je do katody zmniejszając prąd anodowy. Przy katodzie tworzy się wtedy chmura przestrzennego ładunku ujemnego (elektronów), która przeciwdziała emisji elektronów z katody. Gdy siatka jest spolaryzowana dodatnio, dodatkowo przyspiesza elektrony, zwiększając płynący prąd (część elektronów dociera jednak wtedy do siatki powodując przepływ prądu w jej obwodzie). <u>Selektody</u> (lampy regulacyjne, triody, tetrody, pentody) to lampy, w których siatka sterująca posiada obszary o różnej gęstości, co powoduje duże zmiany nachylenia charakterystyki (a co za tym idzie wzmocnienia) w zależności od punktu pracy lampy. Były one stosowane we wzmacniaczach wielkiej i pośredniej częstotliwości z automatyczną regulacją wzmocnienia. <u>Triody mocy</u> (nazywane też głośnikowymi albo końcowymi) to lampy dostarczające do obciążenia sygnał o mocy od ułamka do wielu watów (granica między triodami mocy a napięciowymi jest płynna, zależna od zastosowania). Triody nadawcze charakteryzowały się możliwością uzyskania dużej mocy wyjściowej sygnału wielkiej częstotliwości, co implikowało duże napięcie pracy, dużą dopuszczalną mocą strat w anodzie i wysoką emisyjność katody. Były produkowane na moce poczynając od kilku watów (do urządzeń przenośnych), aż do setek kilowatów. Ekstremalnie duże lampy w nadajnikach radiowych wielkiej mocy były budowane jako rozbieralne, z własnym systemem pomp próżniowych. <u>Triody nadawcze</u> były stosowane nie tylko w stopniach końcowych nadajników radiowych i telewizyjnych, ale także we wzmacniaczach akustycznych bardzo dużej mocy (kinowych, radiowęzłowych, do nagłaśniania obiektów sportowych itp.) oraz w urządzeniach przemysłowych: generatorach do elektrotermii indukcyjnej i dielektrycznej, generatorach ultradźwiękowych dużej mocy itp. W niektórych zastosowaniach są nadal spotykane. <u>Podstawowymi parametrami triody są:</u> - współczynnik wzmocnienia K_a (wyrażany w V/V) – parametr mówiący ile razy więcej musi się zmienić napięcie na anodzie w stosunku do napięcia na siatce aby utrzymać ten sam prąd anodowy. W literaturze anglojęzycznej współczynnik

	wzmocnienia jest oznaczany literą μ lub zapisywany jako μ. Odwrotnością wsp. wzmocnienia jest tzw. przechwyt D. - nachylenie charakterystyki S_a (wyrażone w mA/V) – parametr mówiący o ile miliamperów zmieni się prąd anody przy zmianie napięcia na siatce o 1 V przy niezmiennym napięciu na anodzie, - oporność wewnętrzna p_a (wyrażana w $\text{k}\Omega$) – określa ona zależność prądu anodowego od napięcia anody, oraz napięcia maksymalne, prąd maksymalny i moc maksymalna jaka może wydzielić się na anodzie.
Tetroda	<u>Tetrody</u> to lampy elektronowe posiadające cztery elektrody – żarzoną katodę będącą źródłem elektronów (na skutek zjawiska termoemisji), anodę spolaryzowaną dodatnio względem katody i umieszczone pomiędzy nimi dwie siatki. Elektrony przepływają od katody do anody, a sterowane odpowiednimi napięciami siatki wpływają na ich ruch zmieniając prąd płynący przez lampę. Tetroda różni się tym od triody, że posiada o jedną siatkę więcej. Funkcje dodatkowej siatki mogą być różne, w zależności od jej położenia, konstrukcji i polaryzacji. Powstało więc kilka rodzajów tetrod o różnych właściwościach i przeznaczeniu. Właściwe tetrody, w których wyeliminowano niektóre wady triod (silne oddziaływanie anody na pole elektryczne w okolicy siatki, oraz dużą pojemność pomiędzy anodą a siatką) pojawiły się w drugiej połowie lat 20. Nazywane były początkowo lampami ekranowymi, a później ekranowanymi. W stosunku do triody lampy ekranowane zawierają dodatkową siatkę umieszczoną pomiędzy siatką pierwszą (sterującą) a anodą. Siatka ta służy do minimalizacji wpływu anody na pole elektryczne siatki sterującej, zwykle podłączona jest do stałego potencjału, ekranując anodę od siatki sterującej - stąd jej nazwa: siatka ekranująca. Wprowadzenie siatki ekranującej ma bardzo duży wpływ na charakterystyki i parametry lampy. Jak widać na charakterystyce anodowej (charakterystyce zależności prądu anody od napięcia na anodzie przy ustalonym napięciu innych elektrod) nachylenie wykresu jest niewielkie - czyli wpływ napięcia anody na prąd anody jest niewielki. Umożliwia to uzyskanie dużego wzmocnienia w jednej lampie - dla triody jest to typowo 10 – 50 razy, dla tetrod może osiągać wartości rzędu 200 – 1000 razy. Ponadto pojemność pomiędzy siatką sterującą a anodą zostaje znacznie ograniczona – typowe wartości są rzędu 0,01 pF dla tetrod sygnałowych w porównaniu z 1 pF dla triod, dzięki czemu możliwe jest wzmacnianie sygnałów o wysokich częstotliwościach. <u>Tetrody strumieniowe</u> – Istotną wadą tetrody jest zachodzenie w niej zjawiska dynatronowego będącego rezultatem emisji wtórnej. Uderzające w anodę elektrony wybijają z niej tak zwane elektrony wtórne. Jeśli napięcie anodowe jest większe od napięcia siatki ekranującej ogół elektronów osiąga anodę. Gdy napięcie na siatce ekranującej jest wyższe niż na anodzie (na przykład z powodu spadku napięcia na obciążeniu obwodu anodowego) część elektronów wtórnych osiąga tę siatkę powodując zmniejszenie się całkowitego prądu anodowego i powodując zniekształcenie charakterystyki anodowej (występuje na niej obszar ujemnej oporności dynamicznej). Może to prowadzić do zniekształceń wzmacnianego sygnału i pasożytniczych oscylacji. Tetrody strumieniowe (wiązkowe) umożliwiają eliminację tego zjawiska, dzięki specjalnej konstrukcji - obie siatki mają jednakową liczbę zwojów tak ustawionych, że zwoje siatki pierwszej zasłaniają zwoje siatki ekranującej. Powoduje to skupianie elektronów w wiązki (strumienie) w płaszczyźnie pionowej. Skupianie elektronów w płaszczyźnie poziomej zapewniają specjalne płytki połączone z katodą. Zagęszczony w ten sposób strumień elektronów powodują obniżenie

	potencjału między siatką ekranującą a anodą podobnie jak w pentodzie w wyniku działania siatki hamującej. Ze względu na dużą pojemność pomiędzy siatką sterującą a anodą (do 1 pF) tetrody strumieniowe nie są stosowane w układach wielkiej częstotliwości. <u>Tetroda strumieniowa</u> z punktu widzenia liczby elektrod jest pentodą o specyficznej konstrukcji siatki trzeciej (w postaci płytek skupiających strumień elektronów) oraz specyficznym usytuowaniu względem siebie pozostałych siatek. Dlatego niektóre z produkowanych w Europie tetrod strumieniowych były przez niektórych producentów nazywane pentodami. Przykładem takiej lampy jest AL5. Pierwszą tetrodą strumieniową była lampa 6L6, inne popularne typy tych lamp to 6V6 (wraz z licznymi wersjami, na przykład 6P1P), 807 i liczne lampy stosowane w układach odchyłania poziomego telewizorów. <u>Tetrody z siatką przeciwladunkową</u> – We wczesnych tetrodach dodatkową siatkę umieszczono pomiędzy katodą a siatką sterującą, którą była siatka druga. Siatka pierwsza miała potencjał dodatni względem katody, a jej działanie polegało na likwidowaniu ładunku przestrzennego w otoczeniu katody. Z tego względu siatka ta była nazywana siatką katodową lub przeciwladunkową. Usunięcie ładunku przestrzennego z otoczenia katody umożliwiała pracę tych lamp przy stosunkowo niskich napięciach anodowych (rzędu kilkunastu woltów) oraz w pewnym stopniu pozwalało zwiększyć nachylenie charakterystyki. Prąd siatki przeciwladunkowej był tego samego rzędu co prąd anody, a w niektórych typach osiągał wartości nawet kilkakrotnie przewyższające prąd anody. Lampy tego rodzaju miały podstawowe wady triod, na przykład niewielki współczynnik wzmocnienia i dużą pojemność między siatką a anodą. Były dość popularne w pierwszej połowie lat 20, umożliwiając budowę prostych, najczęściej jednolampowych odbiorników przeznaczonych do odbioru na słuchawki, niewymagających przy tym wysokich napięć zasilania. Przykładowe typy to D4, D6, A441, RV2,4T3, RE074d. <u>Tetrody mieszające</u> – Pod koniec lat 20 pojawiły się tetrody przeznaczone do układów przemiany częstotliwości w radiowych odbiornikach superheterodynowych. Lampy tego rodzaju posiadały dwie siatki sterujące, przy czym mogły pracować jako mieszacz z zewnętrzną heterodyną lub jako mieszacz samodrząjący. Sygnał odbieranej stacji był podawany na siatkę drugą, natomiast na siatkę pierwszą podawano sygnał z zewnętrznej heterodyny lub wykorzystywano ją do realizacji własnej heterodyny. Wadą tetrod mieszających była znacząca pojemność między siatkami, toteż w celu ograniczenia przenikania sygnału heterodyny do anteny, mieszacz poprzedzano rezonansowym wzmacniaczem wielkiej częstotliwości. Kilka lat później wady te usunięto poprzez wprowadzenie dwóch siatek ekranujących i tym sposobem stworzenie nowego rodzaju lampy – heksody. <u>Tetrody nadawcze</u> – Tetrody były często używane w roli lamp nadawczych i przemysłowych. Małe tetrody nadawcze miały moc paru watów, często były produkowane w postaci lamp podwójnych, na przykład QQV02-6, 832A (GU32), QQE03/12. Bardzo popularna i produkowana przez wiele lat była niewielka tetroda nadawcza 807. Duże tetrody nadawcze osiągały dopuszczalną moc strat w anodzie określaną w dziesiątkach kilowatów. Przykłady dużych tetrod nadawczych to 6166, GU23A, GU26. <u>Podstawowe parametry tetrod próżniowych to:</u> Napięcie żarzenia i prąd żarzenia
--	---

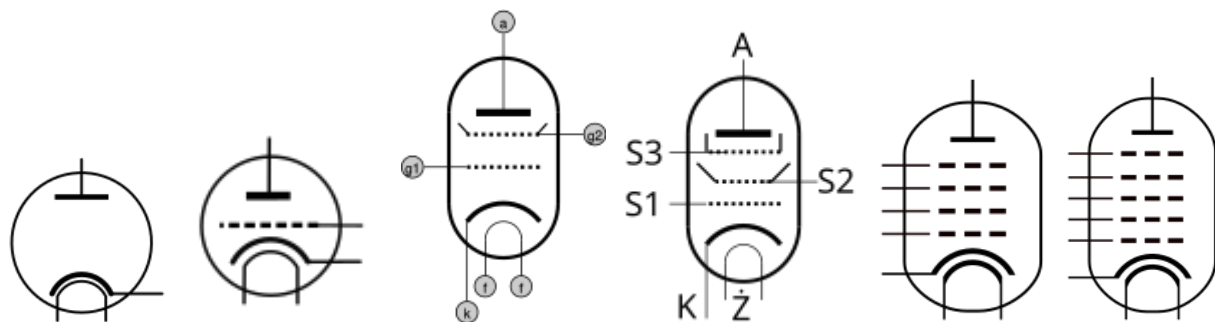
	Wartości charakterystyczne (przy określonych napięciach na elektrodach) Prąd anody Prąd siatki drugiej Nachylenie charakterystyki Pojemności międzyelektrodowe Wartości dopuszczalne Maksymalna moc wydzielana na anodzie Maksymalna moc wydzielana na siatce drugiej Maksymalne napięcie na anodzie Maksymalne napięcie na siatce drugiej Maksymalny prąd katody Dopuszczalne napięcie między katodą i grzejnikiem
Pentoda	<u>Pentoda</u> jest lampą zawierającą dodatkowo trzecią siatkę – siatkę hamującą połączoną przeważnie z potencjałem katody lub masą. W niektórych typach lamp są one połączone z katodą wewnątrz bańki lampy, a w innych mają wyprowadzenie zewnętrzne. Siatka hamująca spowalnia elektrony docierające do anody zmniejszając przez to wybicie z niej elektronów wtórnych a ewentualne elektrony wtórne są przez jej zerowy potencjał zwracane do anody. Wprowadzenie trzeciej siatki pozwala uniknąć negatywnych skutków emisji wtórnej, a ponadto zwiększa efekt ekranowania siatki sterującej (pierwszej) od anody. Charakterystyki pentod są podobne do charakterystyk tetrod, mają one nieco większą rezystancję wyjściową i mniejszą pojemność anoda-siatka druga. Pierwszą lampę z trzema siatkami skonstruował około 1917 roku Walter Schottky. Nie była to klasyczna pentoda, lecz tetroda z dodatkową siatką przeciwdunkową (umieszczoną pomiędzy katodą a siatką sterującą). Węgierska firma <i>Vatea</i> około roku 1925 podjęła produkcję lampy z siatką przeciwdunkową (typu TN406). Dodatkowa siatka umożliwiała pracę lampy przy niskim napięciu anodowym. Klasyczną pentodę z siatką hamującą umieszczoną między siatką ekranującą a anodą wynalazł w 1927 Bernard D.H. Tellegen. We wrześniu 1927 Philips wypuścił pierwszą pentodę – głośnikową B443. Choć pierwsze pentody wykorzystywano jako lampy głośnikowe (wzmacniacze na pentodzie miały lepszą sprawność niż wzmacniacze na triodach), szybko stały się one podstawowymi lampami wzmacniającymi, zwłaszcza w zakresie wysokich częstotliwości. Pentody napięciowe często wchodziły w skład lamp złożonych, zawierających w jednej bańce również systemy innych lamp. - Z triodą: ECF1, ECF12, ECF80 (6BL8), ECF82 (6U8), ECF83, ECF86, ECF200, ECF201, ECF202, ECF801 (6GJ7), ECF802 (6JW8), ECF803, ECF804, ECF805, ECF812, ECF8070, oraz bateryjne KCF30, DCF60. - Z diodami: DAF91, DAF92, 1S5T (bateryjne), EAF42 (dioda i pentoda napięciowa); EBF2, EBF11, EBF80, EBF89 (duodioda i pentoda napięciowa). - Ze wskaźnikiem dostrojenia: EFM1, EFM11 - Podwójne pentody napięciowe: EFF50, EFF51, DFF50, DFF51, DFF101, 6C9. Pentody mocy były lampami bardzo popularnymi, już pierwsza z nich (B443 Philipsa) miała wiele odpowiedników produkowanych przez różne firmy (RES174d, L415D, PP415, ME4 362, W443, 425PT, 415QD, 415PT, 415PP, PP415, DX3, J43). Stopniowo powstawały nowe typy, rozwój konstrukcji szedł w kierunku zmniejszenia mocy żarzenia i zwiększenia nachylenia charakterystyki - w 1936 lampa AL4 osiągnęła 9 mA/V, co stało się standardem dla tego typu lamp. Niektóre z pentod mocy były stosowane w tysiącach różnych konstrukcji i produkowane w milionach egzemplarzy, szczególnie w Europie (w USA domino-

	wały tetrody strumieniowe). Oprócz wymienionej AL4 do popularnych typów należały AL5, EL3, EL5, EL6, EL11, EL12, EL41, EL84, EL34. <u>Pentody mieszające</u> Na wielkość prądu płynącego pomiędzy anodą i katodą wpływają napięcia na wszystkich siatkach, ale jako sterującej zwykle używano siatki pierwszej - pozostałe wymagają dużej amplitudy napięcia sterującego. Utrudnia to stosowanie standardowych pentod w układach ze sterowaniem w dwóch siatkach – mieszaczy iloczynowych, układów bramkujących, selektorów impulsów, układach logicznych wczesnych komputerów itp. Do takich celów produkowano specjalne pentody przystosowane również do sterowania w siatce trzeciej. Przykłady lamp tego typu to 6AS6 (6Ż2P), 6F33, 6GY6, 7AK7, 5784. <u>Pentody nadawcze</u> Pentody w roli lamp nadawczych i przemysłowych były używane rzadziej niż triody i tetrody. Najmniejsze nadawcze pentody nadawcze (baterijne) miały moc ułamka wata lub pojedynczych watów. Należały do nich DL70, 2Ż2M, DL98, 2P29L, 4P1L. Większe osiągały moc kilkudziesięciu, rzadziej kilkuset watów, a największe z nich do kilowata (lampy typów P1300, 172, 184) Bardzo popularna i produkowana przez wiele lat (również w Polsce) była GU50, radziecka kopia (ze zmienionym cokołem) przedwojennej lampy Telefunkena LS50, o dopuszczalnej mocy w anodzie równej 40 W.
Heksoda	<u>Heksoda</u> jest próżniową lampą elektronową zawierającą sześć elektrod: anodę, katodę i cztery siatki. Heksody były używane głównie jako mieszacze w odbiornikach radiowych i separatory impulsów w odbiornikach telewizyjnych. Obecnie nie są produkowane. Heksoda pojawiła się nieco później niż heptoda (<i>pentagrid</i> przemiany), która teoretycznie rzecz biorąc jest bardziej skomplikowana – posiada o jedną siatkę więcej. W 1933 RCA wyprodukowała heptody przemiany 2A7 i 6A7, przeznaczone do superheterodynowych odbiorników radiowych. Odpowiedź europejska była bardzo szybka, co wskazuje że prace nad mieszaczami były prowadzone jednocześnie. Niemiecki Telefunken wprowadził do produkcji heksodę przemiany RENS1224, a później triodę-heksodę ACH1. Brytyjski MOV od następnego roku produkował <i>pentagrid</i> przemiany MX40, a po dwóch latach wprowadził triodę-heksodę MX41, która miała układ wyprowadzeń taki, że można nią było zastąpić lampę MX40 bez wprowadzania żadnych zmian w odbiorniku. Typowa heksoda posiada dwie siatki sterujące – pierwszą i trzecią, oraz dwie siatki ekranujące, które są podłączone do wysokiego dodatniego napięcia i pełnią identyczną rolę jak siatka druga w tetrodzie – ekranują one elektrody od siebie. Siatka druga w heksodzie separuje obie siatki sterujące, a siatka czwarta separuje siatkę trzecią od anody. Zastosowanie dwóch siatek sterujących umożliwia wpływ na prąd anody z dwóch niezależnych źródeł, przy czym obie siatki sterujące są od siebie niezależne. Zasada działania drugiej siatki sterującej jest odmienna niż pierwszej - pierwsza siatka sterująca jak we wszystkich lampach próżniowych steruje emisją elektronów z katody, czyli zmienia jednocześnie prąd anodowy i katodowy. Natomiast druga siatka sterująca działa inaczej - rozdziela strumień elektronów pomiędzy siatkę drugą a anodę. Z oczywistych powodów lampka ta nie jest wykonywana jako lampka mocy. W europejskim systemie oznaczeń lamp heksody oznaczają się literą H. Podstawowe zastosowanie heksody to mieszacze iloczynowe (mnożące) w stop-

	niach przemiany odbiorników radiowych na zakresach fal długich, średnich i krótkich, oraz jako lampa kluczująca, na przykład w odbiornikach telewizyjnych jako separator impulsów odchyłania. Sygnał wejściowy wprowadza się na siatkę drugą, heterodyny na trzecią. Istniała też możliwość wykorzystania siatek 3 i 4 jako "siatki sterującej" i "anody" lokalnego oscylatora. Lampa nie wymagała wtedy dodatkowej heterodyny zewnętrznej. Rozwiązanie to było stosowane dość powszechnie w luksusowych odbiornikach superheterodynowych w 1933 roku (w prostszych stosowano mieszacz na pentodzie). Wadą takiego rozwiązania była niemożność objęcia mieszacza automatyczną regulacją wzmocnienia (potencjał siatki pierwszej z oczywistych względów ma znaczący wpływ na pracę heterodyny) toteż stopień przemiany był często poprzedzony rezonansowym wzmacniaczem wielkiej częstotliwości zrealizowanym na selektodzie, przy czym najczęściej stosowano tu do pary heksodę regulacyjną RENS1234/E449. Heksody przemiany zostały niemal natychmiast wyparte przez wprowadzone w 1934 roku nowocześniejsze lampy - oktody i triody-heksody. Lampy zawierające w bańce jedynie heksodę były stosunkowo nieliczne. Należy tu odróżnić tzw. heksody przemiany przewidziane do realizacji mieszacza i heterodyny (RENS1234, E448), od bardziej uniwersalnych heksod - selektod mieszających (AH1, AH100, KH1, CH1, EH1), które były przewidziane do pracy z zewnętrzną heterodyną, oraz do pracy jako heksody wzmacniające wielkiej lub pośredniej częstotliwości. Ciekawym przykładem zastosowania tych ostatnich może być odbiornik <i>Ideal Radio Rex S986</i> wyprodukowany w sezonie 1936/37 w Czechosłowacji przez tamtejszą filię niemieckiej firmy <i>Blaupunkt (Modry Bod)</i>. W odbiorniku tym wykorzystano aż 3 heksody AH1 pracujące kolejno jako wzmacniacz wielkiej częstotliwości, mieszacz (z heterodyną na triodzie AC2), oraz wzmacniacz pośredniej częstotliwości. Heksody bardzo często były montowane w jednej bańce z triodą która pracowała jako oscylator lokalny (heterodyna). Siatkę trzecią heksody zwykle łączono wtedy wewnątrz lampy z siatką triody co było typowe dla lamp pracujących jako mieszacze. Tak zbudowane są na przykład lampy 6J8, 7S7, ACH1, ECH2, ECH3, ECH11, ECH33, ECH41, ECH42, ECH80 i liczne podobne. Numeracja siatek rozpoczyna się od położonej najbliższej katody siatki sterującej. Siatka o najwyższym numerze znajduje się w sąsiedztwie anody.
Heptoda	<u>Heptoda</u> jest próżniową lampą elektronową zawierającą siedem elektrod – pięć siatek (stąd inna nazwa: <i>pentagrid</i>) oraz anodę i katodę. Heptody mogą występować w dwóch wersjach- jako heptoda heksodowa lub heptoda oktodowa. W 1933 RCA wyprodukowała heptody przemiany 2A7 i 6A7 (różniące się jedynie napięciem żarzenia), przeznaczone do superheterodynowych odbiorników radiowych. Druga siatka lampy miała postać dwóch pręcików i pełniła rolę anody heterodyny. Sygnał wejściowy był doprowadzany do siatki czwartej, trzecia zaś i piąta pełniły rolę ekranujących. W Europie brytyjski MOV od następnego roku produkował podobną lampę – MX40, inne firmy europejskie wprowadziły na rynek lampy mieszające o odmienniej konstrukcji: heksody (na przykład E448/RENS1224), oktody (AK1) czy złożone triody-heksody (ACH1). W rezultacie w Europie heptody nie zdobyły takiej popularności jak w USA, gdzie rozwinięto tą konstrukcję wprowadzając lampy 6A8, 7B8, 7Q7, 6SA7, 6BE6 (w Europie oznaczana EK90), 6BA7 i liczne podobne. <u>Heptoda heksodowa</u> Heptoda heksodowa jest lampą funkcjonalnie bardzo podobną do heksody, różni

	się tylko obecnością siatki piątej która jest siatką hamującą elektrony wtórne wybite z anody i wracające do siatki czwartej. Działanie to jest podobne do działania siatki trzeciej pentody – zapobiega efektowi dynatronowemu. W tym typie heptod siatki sterujące to siatki pierwsza i trzecia, siatki ekranujące to siatki druga i czwarta, a siatka piąta to siatka hamująca. Do tej grupy należą również lampy stosowane do konstrukcji przełączających układów impulsowych i funkatorów logicznych w maszynach cyfrowych. Przykładami mogą być tu heptody E91H (oznaczenie amerykańskie 6687) czy EH900S. <u>Heptoda oktodowa</u> Heptoda oktodowa jest lampą funkcjonalnie bardzo zbliżoną do oktody - różni się od niej brakiem siatki szóstej (siatki hamującej). W tym typie lampy siatki sterujące to siatki pierwsza i czwarta, siatka druga to siatka specjalna, pełniąca rolę anody oscylatora lokalnego - heterodyny, a siatki trzecia i piąta to siatki ekranujące. Pierwsze heptody należały właśnie do tego typu. Heptody najczęściej występowały w lampach złożonych - drugą sekcję stanowiła trioda, którą wykorzystywano do budowy heterodyny. Bardzo popularnymi przykładami takich lamp są ECH21 i ECH81. Niektóre z pierwszych typów (na przykład ECH2, 6J8, 7S7) miały siatkę triody bezpośrednio połączoną z trzecią siatką heptody, co było typowym rozwiązaniem stosowanym w układach mieszaczy. Późniejsze lampy (w tym ECH21 i ECH81) miały obydwa systemy oddzielne, co umożliwiało ich wykorzystanie również w innej roli, na przykład heptody w charakterze wzmacniacza pośredniej, a triody małej częstotliwości. Umożliwiało to budowę odbiorników radiowych zawierających mniejszą liczbę typów lamp. ECH84 to popularna kombinowana trioda – heptoda przeznaczona do pracy w układzie selektora i separatora impulsów synchronizacyjnych w odbiornikach telewizyjnych.
Oktoda	<u>Oktoda</u> była lampą, w której katoda, siatka pierwsza i druga stanowiły system triodowy przeznaczony do pracy w heterodynie, a górna część służyła jako mieszacz w stopniach przemiany częstotliwości. Pozwalała na zastąpienie lampy dwusystemowej triody-heksody lub triody-heptody w stopniach przemiany. Patrz: heptoda oktodowa.
Nonoda, enneoda	Lampa dziewięcioelektrodowa była przeznaczona do pracy w demodulatorach FM. Produkcję podjęto późno (po okresie czasu przedstawionym w obecnym tomie) i w niewielkiej ilości. W Polsce, o ile autorowi wiadomo, nie była produkowana.
Lampy mikrofalowe	<u>Lampy mikrofalowe</u> przewidziane są do pracy przy bardzo wysokich częstotliwościach, w zakresie mikrofal. Wymaga to specjalnych konstrukcji lampy, gdyż długość fali elektromagnetycznej jest porównywalna z rozmiarami lampy, nie można też zaniedbać czasu przelotu elektronów między katodą a anodą. Najczęściej spotykane lampy mikrofalowe to: <u>Lampy tarczowe</u> – triody o elektrodach w postaci równoległych tarcz, z wyprowadzeniami elektrod w postaci pierścieni umożliwiających bezpośrednie włączenie lampy do obwodu koncentrycznego. <u>Klistrony</u>, w których strumień elektronów jest modulowany w jednym układzie rezonansowym, a jego energia wydzielana się w drugim. Odmianą klistronu jest <u>klistron refleksowy</u>, służący do generacji drgań, posiadający tylko jeden obwód rezonansowy i elektrodę reflektora, zawracającą zmodulowany strumień elektronów. Zasada pracy klistronu refleksowego przypomina w pewnym stopniu zasadę pracy generatora Barkhausena-Kurza.

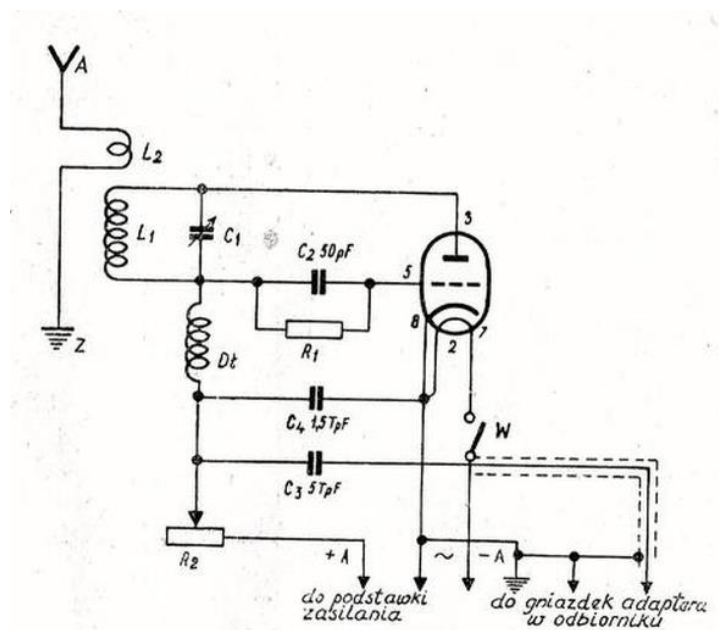
	<u>Magnetrony</u> to diody, w których odpowiednia konfiguracja pola magnetycznego i elektrycznego umożliwia samowzbudne powstanie drgań. Częstotliwość tych drgań jest określana przez geometrię magnetronu, istnieje wiele ich odmian konstrukcyjnych. <u>Lampy o fali bieżącej</u> – opierają się na oddziaływaniu biegnących równolegle ogniskowanego strumienia elektronów i fali elektromagnetycznej. Podstawowymi jej odmianami są lampa o fali wstecznej i lampa o fali postępującej. Niektóre z lamp mikrofalowych są nadal w powszechnym użytku.
--	--



Rys. 3.1. Symbole lamp: kolejno diody, triody, tetrody, pentody, heksody i heptody. Siatki mogły być narysowane w jednakowy sposób lub w sposób wyróżniający ich funkcje jak na symbolu pentody. Wszystkie symbole dla lamp pośrednio żarzonych (katoda i włókno żarzenia są oddzielnymi elementami na rysunku)

3.1. Układy odbiorników UKF

W numerze 3/1954 *Radioamatora* opisana jest superreakcyjna przystawka UKF do odbiornika radiowego. Jest to jednolampowy układ z samowygaszaniem na lampie 6Ż5, zasilany z odbiornika, do którego jest podłączona. Na jego wejście jest podłączona antena UKF, a wyjście przystawki jest połączone z wejściem adapterowym (wejściem wzmacniacza m.cz.) odbiornika za pomocą kabla ekranowanego, aby uniknąć przydzźwięku sieci. Przystawka pokrywa zakres 40 – 70 lub 60 – 90 MHz, zmiana o 1 – 2 MHz przez ściskanie lub rozciąganie cewki L_2 .



Rys. 1. Schemat ideowy przystawki

Rys. 3.1.1. Jednolampowa superreakcyjna przystawka UKF

Spis elementów:

C_1 – kondensator ceramiczny strojeniowy, 5 – 30 pF, C_2 – wysokiej jakości ceramiczny, kondensator C_4 należy dobrać w przypadku zrywania superreakcji,

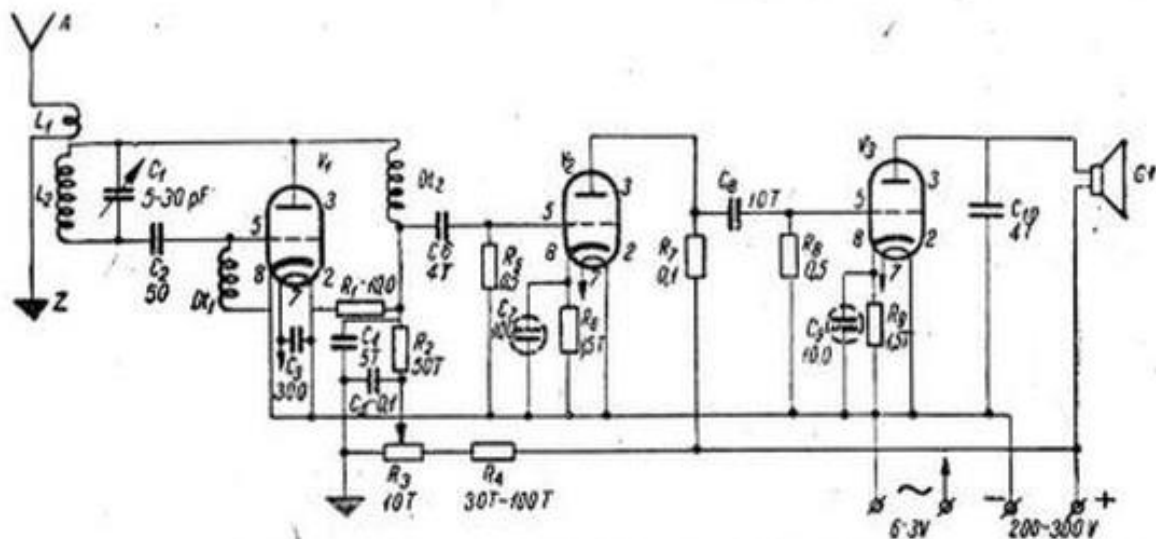
L_2 – 5 – 7 zwojów, powietrzna, średnica 15 mm, bez karkasu, średnica przewodu 1,5 mm, odstęp między zwojami 1,5 mm, cewka antenowa L_1 – 3/4 zwoju tego samego przewodu, odległość dobierana eksperymentalnie,

R_1 – opór upływowy siatki dobierany eksperymentalnie 10 – 12 M Ω , R_2 – potencjometr masowy 50 – 100 k Ω ,

Dławik — 100 zwojów przewodu 0,2 – 0,25 mm jednowarstwowo na karkasie ceramicznym, w przypadku zrywania superreakcji należało ewentualnie zmienić ilość zwojów.

Niewiele bardziej skomplikowany jest odbiornik superreakcyjny w układzie 0-V-1 opisany w numerze 7/1954 *Radioamatora*. Pierwszy stopień z lampą V1 typu 6Z5 lub 6C5 jest detektorem superreakcyjnym z samowygaszaniem. Zdetekowany sygnał małej częstotliwości jest pobierany z opornika R_2 znajdującego się w obwodzie anodowym V1. Jest on następnie wzmacniany we wzmacniaczu m.cz. pracującym na lampach V2 i V3 typu 6C5. Do strojenia odbiornika służył ceramiczny półobrotowy kondensator C_1 o pojemności 5 – 30 pF. Cewkę antenową L_1 tworzył 1 zwój o średnicy wewnętrznej 20 mm wykonany z przewodu miedzianego $\varnothing$ 2 mm. Cewka L_2 o średnicy wewnętrznej 20 mm składa się z 6 zwojów przewodu miedzianego $\varnothing$ 2 mm nawiniętych z odstępem 3 mm. Dla pasma 60 – 90 MHz miała ona 4 zwoje a dla pasma 40 – 70 MHz – 6 zwojów. Dławiki Dł1 i Dł2 były nawinięte na karkasach lub opornikach po usunięciu warstwy oporowej, zwierały po 55 – 60 zwojów przewodu 0,25 – 0,3 mm. Potencjometr R_3 służy do regulacji superreakcji. Opornik R_4 należało dobrać tak, aby układ wzbudzał się w położeniu środkowym potencjometru. Kondensator C_2 musiał być małostratny – najlepiej ceramiczny.

Lepsze wyniki można było osiągnąć stosując lampy 6C1Ż (955), LD1 lub RL12T1 (napięcie żarzenia 12,6 V). Próg słyszalności wynosił 2 – 3 μ V a szumu superreakcji były wygaszane przy napięciu wejściowym 20 – 30 μ V. Oprócz odbioru stacji radiofonicznych FM odbiornik ten pozwalał także na odbiór stacji amatorskich.



Rys. 3.1.2. Odbiornik superreakcyjny 0-V-2

Po rozpoczęciu emisji UKF w Warszawie w numerze 12/1954 *Radioamatora* został opublikowany opis superreakcyjnej przystawki UKF ze wzmacniaczem separującym w.cz. pracującej w układzie refleksyjnym – część heksodowa lampy była wykorzystana podwójnie: do wzmacniania sygnałów wielkiej i małej częstotliwości co zapewniało większą czułość²⁴. Część triodowa lampy pracowała w układzie

²⁴ Heksoda jest lampą siedmioelektrodową zawierającą oprócz katody i anody pięć siatek, w tym dwie siatki sterujące co predystynowało ją do pracy w stopniach mieszających (mieszaczy iloczynowych). Na pierwszą siatkę sterującą podawano w tym przypadku napięcie sygnału wejściowego, a na drugą –

detektora siatkowego z superreakcją z własnym wygaszaniem. Przystawka ta była również opisywana w numerze 12/1958 *Radioamatora*.

Przystawka umożliwiała odbiór warszawskiego nadajnika radiowego drugiego programu na częstotliwości 97,6 MHz uruchomionego 1 X 1954 roku (od 1958 r. w godzinach wieczornych był nadawany program III) i dźwięku telewizji nadawanego wówczas na częstotliwości 95,75 MHz²⁵. W dalszej kolejności zostały uruchomione nadajniki UKF w Katowicach na fali 89,8 MHz (zasięg stacji obejmował również Kraków) i w Opolu na fali 95,0 MHz²⁶. W układzie zastosowano triodę-heptodę ECH21 lub do zasilania bateryjnego UCH21. Można je było zastąpić odpowiednio przez ECH11 i UCH11. Obwód wejściowy był dostrojony do częstotliwości środkowej zakresu – 90 MHz, a sygnał z niego był podawany na siatkę pierwszą przez kondensator C_1 . Wzmocniony sygnał w.cz. był podawany z anody heptody przez kondensator C_5 do obwodu superreakcji. Opornik R_5 jest opornikiem anodowym części heksodowej.

Superreakcja pracuje na triodzie w układzie Colpittsa z wykorzystaniem w dzielniku pojemności międzyelektrodowych lampy C_{ak} – anoda-katoda i C_{sk} – siatka-katoda. W skład obwodu rezonansowego wchodziła cewka L_2 służąca do dostrojenia do odbieranej stacji. Jej indukcyjność zmieniano przez wsuwanie lub wysuwanie rdzenia proszkowego do wnętrza.

Po detekcji napięcie małej częstotliwości (m.cz.) było ponownie podawane na siatkę sterującą heksody. Elementy C_7 , R_6 i C_9 odfiltrowały resztki wielkiej częstotliwości. Opornik R_7 był opornikiem anodowym triody dla m.cz. Sygnał m.cz. wzmocniony w części heksodowej był podawany przez kondensator C_{12} na wzmacniacz głośnikowy. Opornik R_{10} był opornikiem anodowym dla wzmacniacza m.cz. na części heksodowej.

L_1 – cewka powietrzna, 7 zwojów przewodu miedzianego posrebrzonego 1 mm, nawiniętych na średnicy 10 mm. Odległość między zwojami wynosiła 1 mm, a odczep znajdował się na 1/4 zwojów od masy; L_2 – 8 zwojów, przewód CuAG 1,5 mm, na średnicy 15 mm, z rdzeniem proszkowym, odległość między zwojami 1 mm, odczep na 4 zwoju od masy.

Dł – dławik w.cz. na rurce preszpanowej 10 mm, 30 zwojów, zwój obok zwoju, CuEm 0,2 mm.

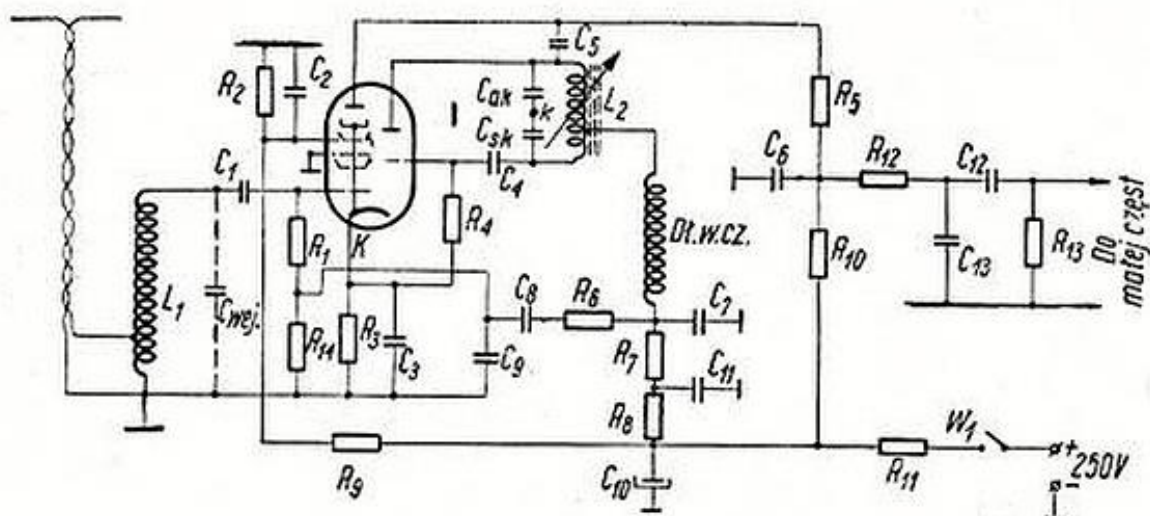
C_1 – ceramiczny lub mikowy 50 pF; C_2 – blokujący, papierowy lub olejowy 0,1 μ F/250 V; C_3 – blokujący, mikowy 1000 – 5000 pF; C_4 – siatkowy ceramiczny lub mikowy, 50 pF; C_5 – sprzęgający ceramiczny lub mikowy, 5 – 10 pF; C_6 blokujący ceramiczny lub mikowy 100 – 300 pF; C_7 – jak C_6 , 100 – 500 pF; C_8 – sprzęgający papierowy lub olejowy, 5 – 20 nF/500 V; C_9 – blokujący ceramiczny lub mikowy, 50 – 100 pF; C_{10} – blokujący, elektrolit lub blok. 2 – 8 μ F/500 V; C_{11} – blokujący papierowy lub olejowy 0,05 – 1 μ F/500 V; C_{12} – sprzęgający papierowy lub olejowy 5 – 20 nF/500 V; C_{13} – blokujący papierowy lub olejowy 500 – 1000 pF.

R_1 – opornik upływowy katody, 50 – 200 k Ω , 0,25 W; opornik bocznikujący ekran, 50 k Ω /1 W; R_3 – opornik katodowy zależny od typu lampy, 100 – 300 Ω /0,5 W; opornik upływowy detektora superreakcyjnego, 0,5 M Ω /0,5 W; masowe: R_5 – 2 Ω /0,5 W; R_6 – 100 k Ω /0,25 W; R_7 – 50 k Ω /1 W; R_8 – 100 k Ω /1 W; R_9 – 50 k Ω /1 W; R_{10} – 10 k Ω /0,5 W; R_{11} – 10 k Ω /2 W; R_{12} – 20 k Ω /0,25 W; R_{13} – 1 M Ω /0,25 W; R_{14} – 0,3 M Ω /0,25 W.

napięcie z heterodyny. Pozostałe dwie siarki były siatkami ekranującymi od siebie obie siatki sterujące i drugą siatkę sterującą od anody. Ostatnia siatka – sąsiadująca z anodą hamowała strumień elektronów tak, aby nie wybijał z anody elektronów wtórnych zakłócających pracę lampy. W powyższym układzie druga siatka sterująca jest połączona z masą i lampa pracuje jako wzmacniacz. Występowały również inne warianty heptod, w których niektóre siatki miały inne funkcje.

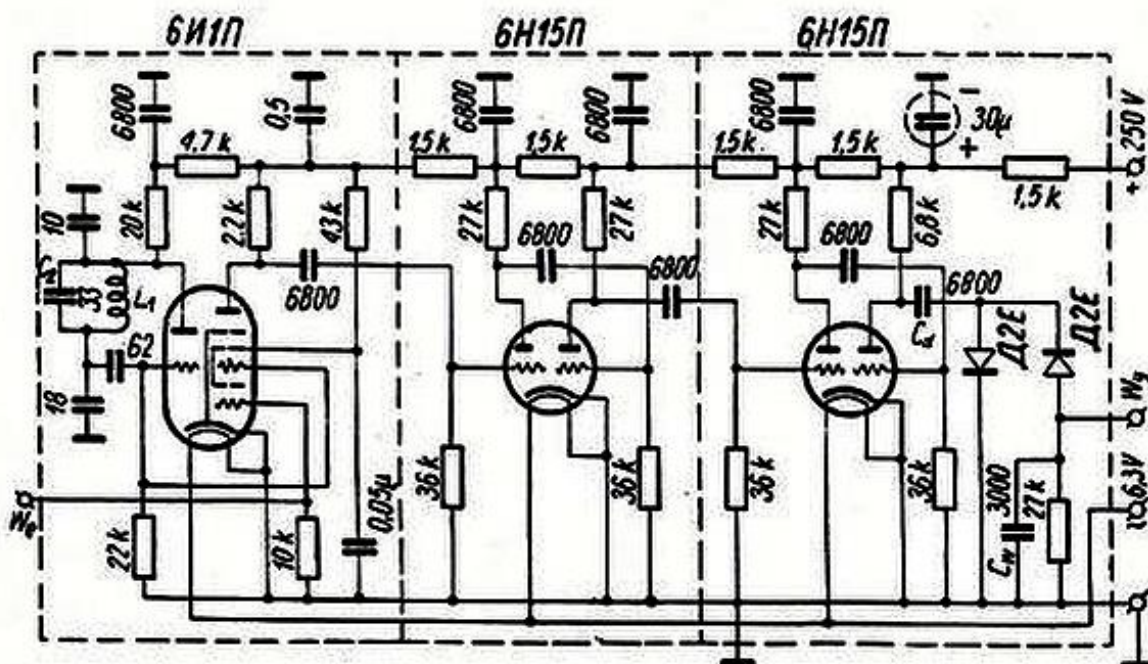
²⁵ W latach 1952 – 56 nadajnik telewizyjny w Warszawie pracował w kanale 88 — 96 MHz. Częstotliwość wizji wynosiła 89,25 MHz. Nadajnik warszawski pracował po zmianie w kanale 2 OIRT 58 – 66 MHz.

²⁶ Od 1960 roku zaczęło się przechodzenie na zakres UKF 66 – 73 MHz (OIRT). Ostatnie nadajniki w paśmie wyższym (CCIR) zostały wyłączone w nocy 1.1.1972 roku, na krótki czas pozostał jedynie eksperymentalny nadajnik stereofoniczny w Warszawie na częstotliwości 93,75 MHz. W paśmie CCIR były wyznaczone kanały 4 i 5 telewizji. Po 1990 roku rozpoczął się powrót na pasmo CCIR. W okresie przejściowym nadajniki UKF pracowały w obu zakresach i niektóre z nich mogły być odbierane w odbiorniku nastawionym na drugie z pasm jako sygnały zwierciadlane.



Rys. 3.1.3. Przystawka refleksowa UKF

Opis prostego lampowego odbiornika UKF-FM pochodzi z numeru 8/1960 *Radioamatora* i jest tłumaczeniem z numeru 2/1960 radzieckiego miesięcznika *Radio*. Zamiast trudniejszych do zestrojenia w warunkach amatorskich detektora stosunku lub dyskriminatora fazy zastosowano w nim demodulator częstotliwości w układzie licznika impulsów. Jest on łatwy w uruchomieniu, nie ulega rozstrojeniu z biegiem czasu i jest niewrażliwy na zmiany napięcia zasilającego.



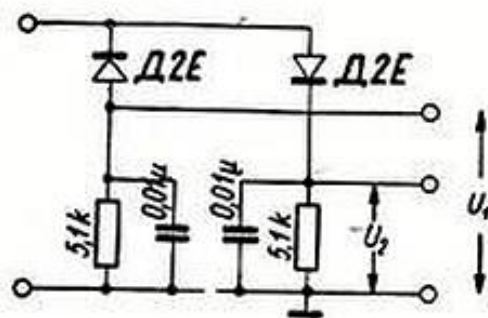
Rys. 3.1.4. Schemat ideowy odbiornika z detektorem licznikowym

Działa on w ten sposób, że na wyjściu ostatniej lampy otrzymuje się prostokątne impulsy obciętej sinusoidy sygnału. Impulsy te ładują kondensator C_d (jego pojemność należało dobrać). Przy mniejszej częstotliwości liczba impulsów była mniejsza co powodowało obniżenie napięcia na kondensatorze C_w . Współczynnik zawartości harmonicznych wynosił 1,5 – 3% przy napięciu m.cz. 3 V i dewiacji 50 kHz. W odróżnieniu od dewiacji 75 kHz stosowanej w paśmie CCIR w paśmie OIRT była stosowana dewiacja 50 kHz. Po rozbudowaniu detektora według schematu z rysunku 3.1.5 możliwe było

bezpośrednie sterowanie stopnia przeciwsobnego napięciem 1 V przy zniekształceniach nie przekraczających 3%.

Część triodowa pierwszej lampy pracuje jako heterodyna o częstotliwości ustalonej przez obwód L1C2. Częstotliwość pośrednia była niska więc następne stopnie były zwykłymi oporowymi wzmacniaczami oporowymi. Wzmacniacz p.cz. przenosił pasmo 20 – 600 kHz. Odbiornik można było uzupełnić przez wzmacniacz m.cz. na lampie EL84 lub podobnej. Czułość odbiornika podana w opisie wynosiła około 1 mV, ale jego wadą była mała selektywność.

Można było także dodać do niego fabryczną głowicę UKF a przedstawiony tor dostroić do jej częstotliwości pośredniej. Powstawał wówczas odbiornik o czułości około 50 μ V.

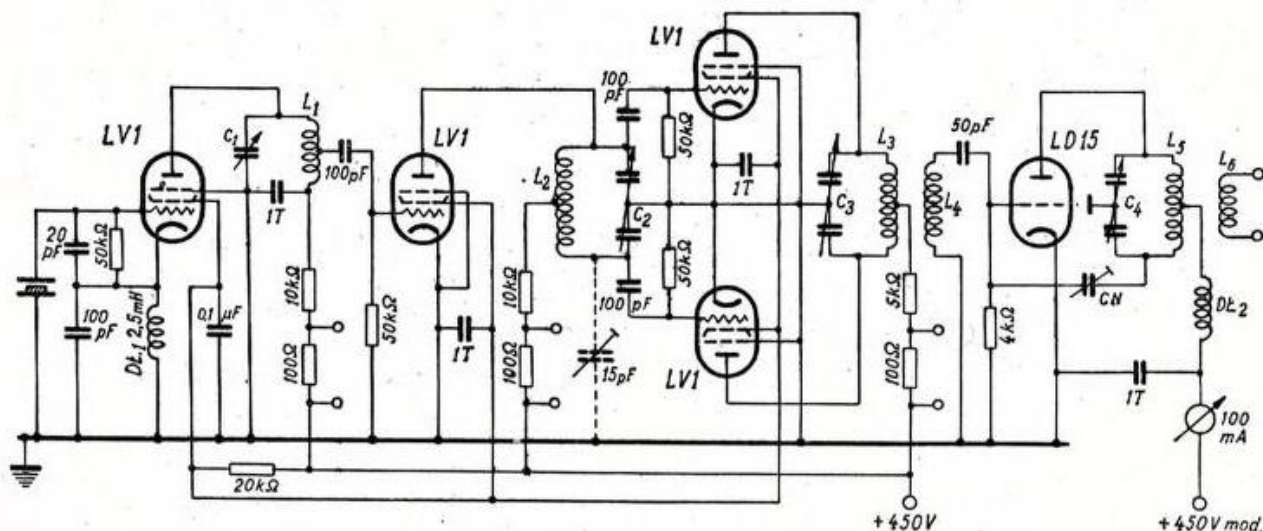


Rys. 3.1.5. Schemat demodulatora do sterowania wzmacniacza przeciwsobnego

3.2. Nadajniki amatorskie

3.2.1. Nadajnik AM na 144 MHz ze stabilizacją kwarcową

Układ sterowanego kwarcem czterostopniowego nadajnika AM na pasmo 144 MHz przedstawił w numerze 5/1954 *Radioamatora* W. Sława-Neyman²⁷. Pierwsze trzy stopnie nadajnika pracują na pentodach LV1 a wzmacniacz mocy na triodzie LD15. Pierwsza lampa pracuje jako generator sterujący w układzie ECO i potrajacz. Zastosowano w nim kwarc o częstotliwości 8040 kHz. Obwód anodowy jest dostrojony do częstotliwości 24,12 MHz. Następny stopień – podwajacz dostarcza sygnału o częstotliwości 48,24 MHz. Trzecim stopniem jest potrajacz pracujący w układzie przeciwsobnym. Po 18-krotnym powieleniu otrzymywana jest częstotliwość nadawania 144,720 MHz. Podłączony do obwodu wejściowego linią przerywaną trymer 15 pF służy do kompensacji niesymetrii wynikającej ze sterowania stopnia układem pojedynczym.



Rys. 1. Schemat nadajnika

Rys. 3.2.1.1. Schemat nadajnika AM na pasmo 144 MHz

W stopniu mocy na LD1 zastosowano neutralizację pojerności anoda-siatka za pomocą trymera CN. Po zestrojeniu wszystkich stopni nadajnika kondensator neutralizacyjny należy zestroić tak, aby maksimum prądu siatki i minimum prądu anody występowały dla częstotliwości rezonansu.

Cewki: L_1 – 12 zwoi na $\varnothing$ 15 mm, na długości 20 mm, przewód DNE 0,8 mm; L_2 – 11 zwoi $\varnothing$ 15 mm, na długości 20 mm, przewód DNE 0,8 mm; L_3 – 4 zwoje na $\varnothing$ 20 mm, na długości 15 mm, przewód DNE 1,5 mm; L_4 – 4 zwoje, między zwojami L_3 , przewód 0,5 mm; L_5 – 2 zwoje na $\varnothing$ 20 mm, długość 10 mm, przewód 2,5 mm srebrzony; L_6 – 1 zwoj pomiędzy zwojami L_5 , przewód 1 mm w igielicie. Odczepy: L_1 na 8 zwoju od dołu, L_2 , L_3 , L_5 – na środku uzwojenia.

Kondensatory: C_1 – 3 – 25 pF, powietrzny; C_2 , C_3 – 2 x 1 – 10 pF, motylkowy, powietrzny; C_4 – 2 x 3 – 15 pF (750 V), motylkowy, powietrzny.

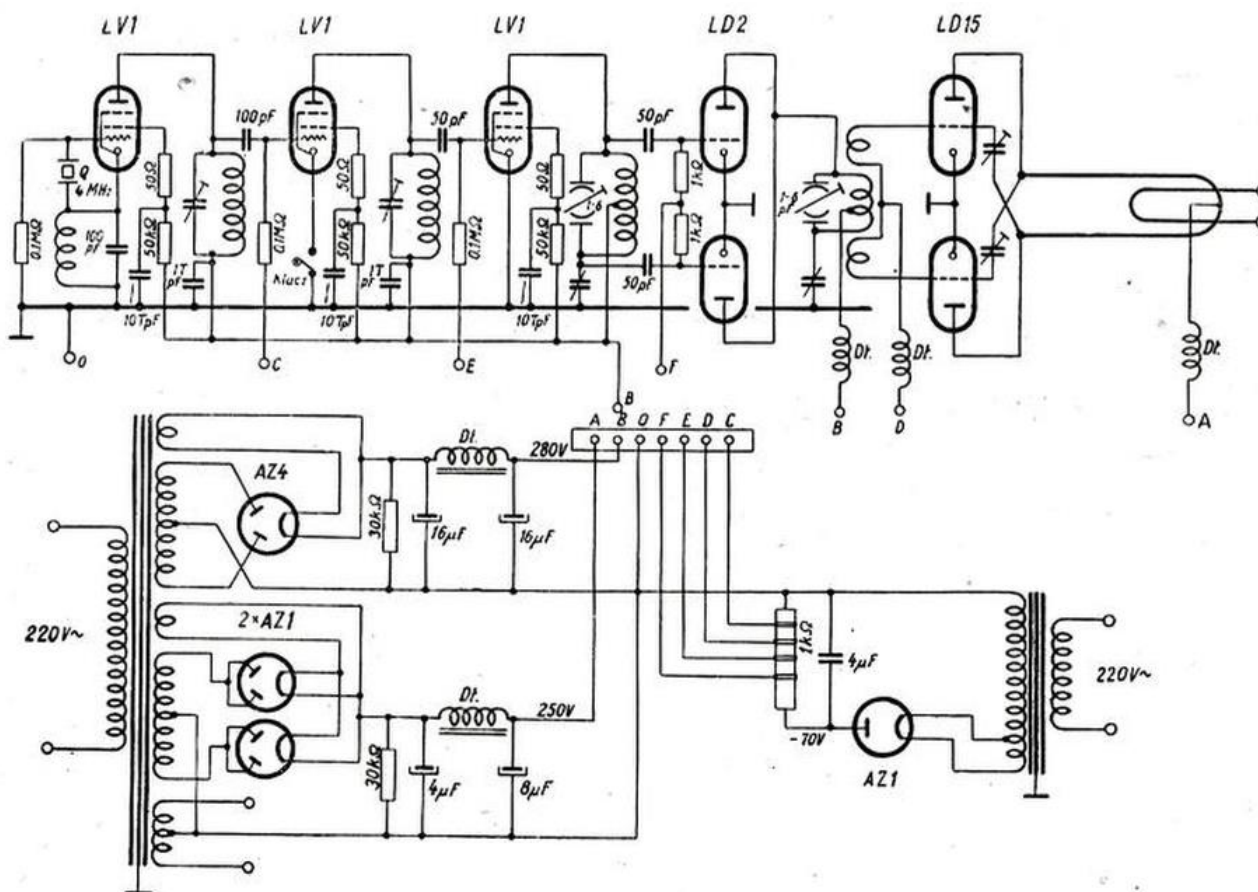
Dławiki: DŁ1 – 2,5 mH, sekcyjny; DŁ2 – 30 zwoi na $\varnothing$ 0,5 cm, długość 3 cm, nawinięty powietrznie, przewód 0,4 mm.

Prądy anodowe powielaczy wynoszą 20 – 22 mA, prąd anodowy wzmacniacza mocy – 60 mA przy napięciu 450 V. Zamiast LD1 można było stosować LD5, LD2, LS30. Nadajnik był modulowany w anodzie stopnia końcowego za pomocą wzmacniacza przeciwsobnego na dwóch lampach 6L6 w klasie AB2. Do pełnego wymodulowania wystarczyło 15 W mocy akustycznej.

²⁷ Modulacja AM była stosowana w zakresach UKF przez krótkofalowców jeszcze w latach 1960-tych, dopiero od lat 1970-tych rozpowszechniały się modulacje SSB i FM. Przez dłuższy czas nadajniki były stabilizowane kwarcem (dla każdego okręgu o innej częstotliwości) a odbiorniki były przestrajane w szerszym zakresie. Po każdym wywołaniu należało ten zakres przesłuchać aby ewentualnie usłyszeć odpowiedzi z innych kręgów.

3.2.2. Nadajnik stacji SP3PD

Opisany w numerze 11/1954 *Radioamatora* nadajnik jest sterowany kwarcem 4 MHz. Generator w układzie tri-tet z potrajaniem częstotliwości pracuje na lampie LV1. Nazwa tri-tet jest połączeniem słów trioda i tetroda. Katoda, siatka sterująca i siatka ekranująca tworzą triodę, na której pracuje generator – w tym przypadku w układzie Pierce’a, z kwarcem włączonym między siatką sterującą i katodą. Siatka ekranująca jest uziemiona dla prądów wielkiej częstotliwości, a więc generator pracuje w układzie wtórnika katodowego (wspólnej anody). Strumień elektronów dopływający z tej triody do anody lampy dostarcza do niej energię w.cz. wygenerowaną w części triodowej. W połączeniu z anodą tworzy się więc wymieniona w nazwie tetroda pracująca z uziemioną siatką ekranującą generator od obwodu anodowego (wyjścia). Jeżeli obwód rezonansowy w anodzie jest dostrojony do częstotliwości harmonicznej, a nie podstawowej otrzymujemy powielenie częstotliwości. Ponieważ obwód wyjściowy jest sprzężony z częścią generatorową jedynie za pomocą strumienia elektronów układ ten nosi również nazwę generatora sprzężonego elektronowo (ang. *Electron Coupled Oscillator* — ECO). Druga lampa LV1 służy również jako potrajacz, a trzecia – jako podwajacz częstotliwości. Uzyskiwana częstotliwość 72 MHz jest podwajana w stopniu przeciwsobnym na lampach LD2. W przeciwsobnym wzmacniaczu mocy 144 MHz pracowały lampy LD15 z obwodem liniowym w anodach. Jego dostrajanie odbywało się za pomocą przesuwanego zwieracza. Antena była przełączana za pomocą przekaźnika.

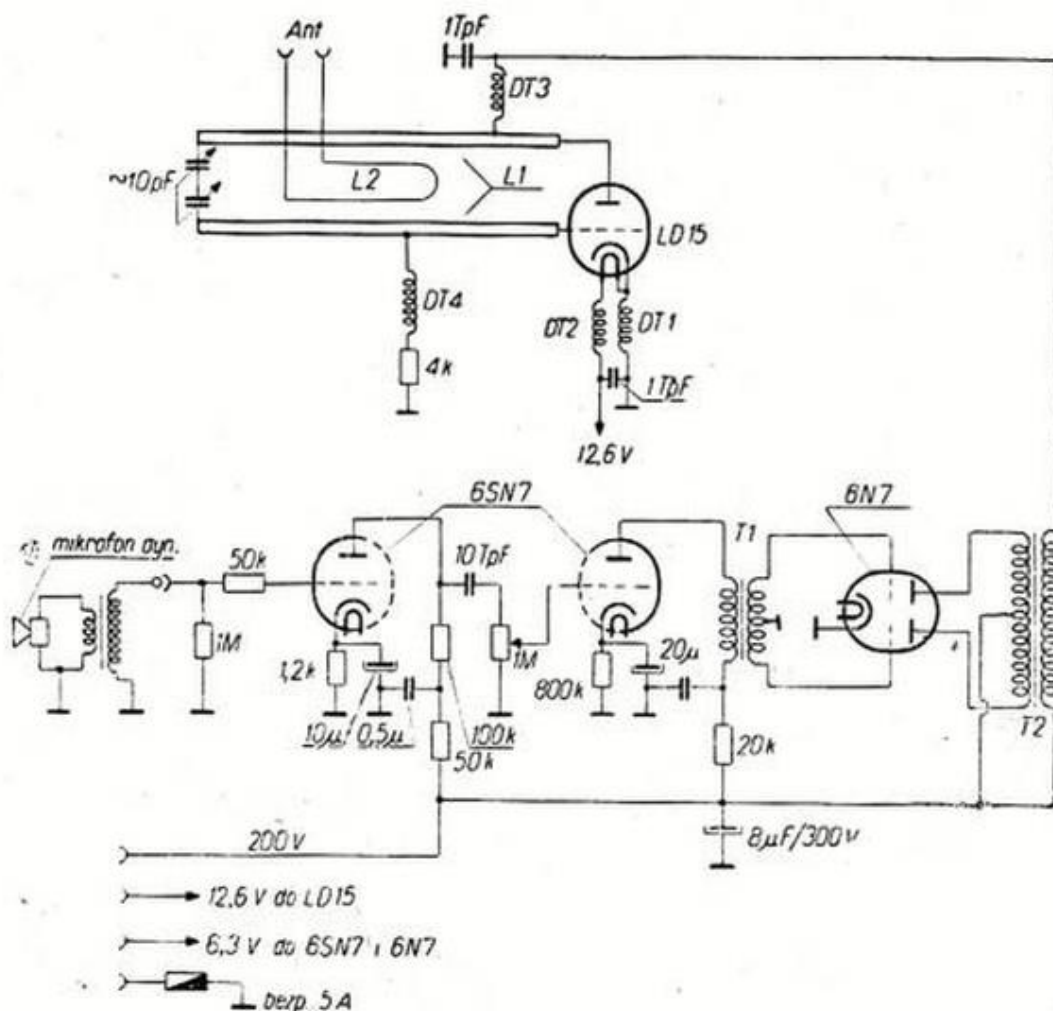


Rys. 3.2.2.1. Schemat ideowy nadajnika na pasmo 2 m

3.2.3. Nadajnik UKF 420 – 460 MHz

Opisany w numerze 3/1955 *Radioamatora* przez Zbigniewa Lachowskiego samowzbudny nadajnik AM na pasmo 420 – 460 MHz był przewidziany do pracy terenowej. Mógł on być zasilany z akumulatora 12 V z przetwornicą dostarczającą napięcia anodowego 240 V. W generatorze zastosowano lampę LD15, a w modulatorze – 6SN7 i 6N7. Napięcie żarzenia lamp wynosiło 6 V. Obwód rezonansowy generatora stanowi linia rezonansowa L1 (jest to obwód o stałych rozłożonych) zakończona zmienną

pojemnością – kondensatorem motylkowym²⁸. Elektryczna długość linii (Lechera) jest równa połowie promieniowanej fali. Zaletą tego rozwiązania jest łatwość strojenia oraz zrównoważenie pojemności międzyelektrodowych lampy. W układzie z linią półfalową zmiana pojemności wewnętrznych lampy wywiera o wiele mniejszy wpływ niż w przypadku linii ćwierćfalowej zwartej na końcu. Fizyczna długość linii jest, ze względu na wpływ indukcyjności i pojemności doprowadzeń krótsza od połówki fali.



Rys. 1. Schemat ideowy nadajnika. Części nie oznaczone na schemacie:
D11 – 33 cm drutu ϕ 0,5 mm w emalii, nawinięty powietrznie;
D12, 3, 4 – 17 cm drutu ϕ 0,5 mm w em. (ϕ dławików ok. 8 mm);
T1 – transformator sterujący (uzw. pierwotne 1500/ ϕ 0,1 mm w em., uzw. wtórne 2×1250 – ϕ 0,08 mm w em. na rdzeniu 3 cm²);
T2 – transformator modulatory (uzw. pierwotne 2×1500 zw., uzw. wtórne 1000 zw. drutu 0,1 mm w em. na rdzeniu 4,5 cm²);
L1 – dwa pręty miedziane srebrzone ϕ 4 mm, dług. 50 mm, odstęp między środkami prętów 12 mm

Rys. 3.2.3.1. Schemat ideowy nadajnika 420 – 460 MHz

²⁸ Kontensatory motylkowe (ang. *split condensor*) spotyka się obecnie często w antenach magnetycznych. Składają się z podzielonego na dwie części statora, który stanowi w praktyce dwie okładki kondensatora i z rotora, którego płytki zanurzają się w zmiennym stopniu w obu statorach. Nie są one połączone elektrycznie z resztą układu strojenia i w połączeniu ze statorami dają szeregowe połączenie dwóch kondensatorów zmiennych o wspólnej elektrodzie – rotorze. Ze względu na podobieństwo kształtu płytek rotora do motyla z rozwiniętymi skrzydłami kondensatory są nazywane kondensatorami motylkowymi.

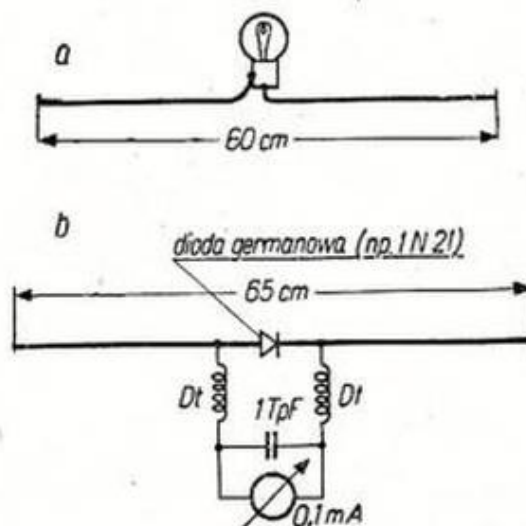
Modulowane napięcie (150 – 250 V) dla generatora jest doprowadzone przez dławik izolujący d13 do punktu zerowego potencjału w.c.z. na linii anodowej. Natomiast do punktu zerowego na linii siatkowej dołączony jest przez dławik izolujący d14 opornik upływowy siatki (4 k Ω), na którym uzyskuje się automatyczne napięcie siatkowe sprowadzające generator w stanie oscylacji do właściwych warunków pracy w klasie C.

W jednym z doprowadzeń żarzenia lampy znajduje się dławik izolujący D12, natomiast drugie doprowadzenie jest połączone z katodą i dołączone przez dławik d11 o elektrycznej długości połowy fali do masy. Zamiast dławika D11 można zastosować linię półfalową z suwakiem. Wszystkie dławiki oprócz D14 są zablokowane kondensatorami. Wszystkie uziemienia generatora powinny się zbiegać w jednym punkcie chassis.

Antena jest sprzężona z obwodem za pomocą pętli L_2 wykonanej z drutu srebrzonego o średnicy 1 mm. W nadajniku zastosowano modulację anodową. Modulator jest sterowany z mikrofonu dynamicznego lub piezoelektrycznego. Zawiera on stopień wzmacniający na triodzie lampy 6SN7, stopień wzmacniająco-sterujący na drugiej triodzie 6SN7 oraz wzmacniacz mocy klasy B w układzie przeciwsobnym. Sterowanie za pomocą mikrofonu węglowego wymagałoby osobnego zasilania z baterii. Możliwe było także włączenie mikrofonu węglowego w obwód katody pierwszej triody 6SN7 i uziemienie jej siatki.

Modulator jest przewidziany do pracy fonicznej A3. Przygotowanie go do pracy na telegrafii modulowanej A2 wymagałoby dobudowania kluczowanego generatora akustycznego.

Linię dostroja się do pożądanego zakresu przez zbliżanie do siebie lub oddalanie jej przewodów. Sprzężenie z anteną dobiera się na maksimum świecenia żarówki w sondzie żarówkowej lub na maksimum wskazań przyrządu w sondzie wskaźnikowej.



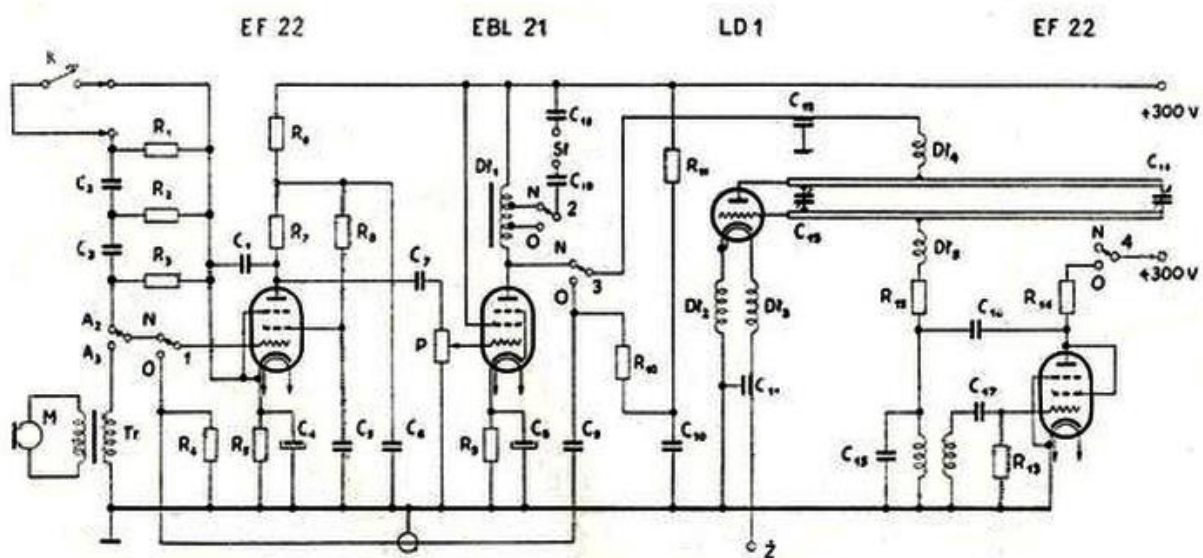
Rys. 3.2.3.2. Sondy pomiarowe

3.2.4. Układy nadajników-odbiorników UKF na 420 MHz

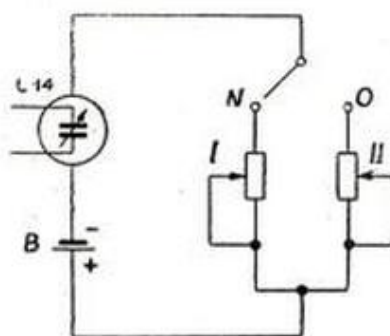
Opis układu konstrukcji Jerzego Cołojewa SP2-007 ukazał się w numerze 5/1956 *Radioamatora*. W opisywanym układzie ten sam stopień pełni funkcję generatora samowzbudnego przy nadawaniu i detektora superreakcyjnego przy odbiorze. Pozostałe dwa stopnie pełnią rolę modulatora przy nadawaniu i wzmacniacza m.c. przy odbiorze. Rozwiązanie nie wymaga przełącznika antenowego. Ze względu na to, że lampa pracuje za każdym razem w innych warunkach i wprowadza różne pojemności dynamiczne częstotliwości nadawania i odbioru różnią się między sobą. Pojemności wnoszone w czasie nadawania są większe, a więc częstotliwość nadawania jest niższa. Niesie to za sobą niebezpieczeństwo wędrowania stacji przez całą szerokość pasma aż do jego dolnej granicy. W opisanym rozwiązaniu częstotliwości nadawania i odbioru są ustalane niezależnie. Osiągnięto to dzięki specjalnej konstrukcji kondensatora strojeniowego, którego rotor jest sprzężony z systemem magnetoelektrycznym korygującym dostrojenie w zależności od nastawionego prądu. Odpowiadało to funkcjonalnie miliamperomierzowi, który zamiast wskazówki ma ruchomą część kondensatora. Kondensator wymontowano z urządzenia demobilowego. Przełączając układ z nadawania na odbiór przełącza się potencjometry I i II

włączone w szereg z cewką napędzającą (rys. 3.2.4.2). Częstotliwości nadawania można było ustawiać potencjometrami dowolnie i niezależnie od siebie. Rozwiązanie to pozwala również na zdalne dostrajanie radiostacji.

W czterolampowym układzie pierwsza (EF22) przy nadawaniu telegrafią dźwiękową A2 pracuje jako kluczowany generator m.cz. (800 Hz), a przy nadawaniu fonią A3 – jako wzmacniacz mikrofonowy o wzmocnieniu 115 dla mikrofonu dynamicznego. W następnym stopniu pracuje lampka EBL21, której część pentodowa przy nadawaniu moduluje generator w.cz. Generator mocy 420 MHz z lampką LD1 ma dla częstotliwości akustycznych oporność widzianą od strony modulatora $6,5\text{ k}\Omega$ czyli odpowiadająca optymalnemu obciążeniu EBL21 w klasie A. Zbędny jest więc transformator dopasowujący. Dławik modulatory Dł1 ma indukcyjność ok. 35 H z odczepami na 1/2 i 1/4 zwoi. Korzystając z tego ostatniego odczepu można kontrolować jakość własnej transmisji. Przy odbiorze pierwszy stopień pracuje jako napięciowy wzmacniacz m.cz., a drugi jako wzmacniacz mocy. Środkowy odczep dławika służył do dopasowania słuchawek $2000\ \Omega$ do lampki EBL21. Diody zawarte w lampie nie były wykorzystane.



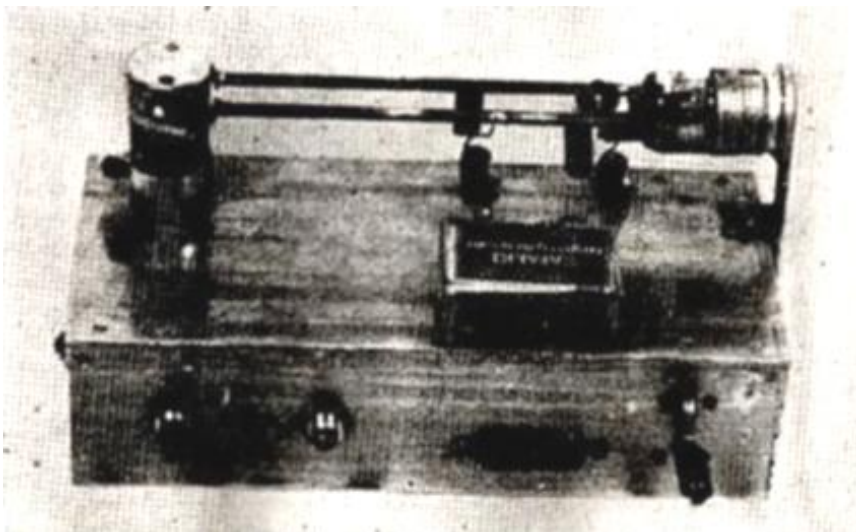
Rys. 3.2.4.1. Schemat ideowy



Rys. 3.2.4.2. Układ niezależnego strojenia przy nadawaniu i odbiorze. W opisaney konstrukcji napięcie 6,3 V pochodziło z zasilacza sieciowego.

Stopień generatora i jednocześnie detektora superreakcyjnego pracuje w układzie Colpittsa z wykorzystaniem pojemności międzyelektrodowych (tzw. *ultraudion*). Jako obwód rezonansowy została użyta linia półfalowa skrócona na początku i na końcu pojemnościami, wykonana z prętów mosiężnych o średnicy 4 mm. Całkowita długość linii wynosiła 140 mm, a odległość między środkami prętów 20 mm. Kondensator C_{13} stanowiły dwie okrągłe płytki mosiężne o średnicy 12 mm, zaopatrzone we wkręty M2,6 osadzone w środku płytek i wkręcane w gwintowane otwory w linii 12 mm od jej początku. Kondensator ten służył do dostrajania linii do pasma. C_4 jest kondensatorem o pojemności 2,2

– 2,8 pF i jest załączony na końcu linii. Służył do podstrajania linii w granicach pasma. Linia i pozostałe doprowadzenia były umocowane bezpośrednio na nóżkach lampy bez użycia podstawki.



Fot. 3.2.4.1a. Widok linii – obwodu o stałych rozłożonych

Identyczne dławiki w katodzie w obwodzie żarzenia miały dla 420 MHz długość połowy fali, pracowały one w rezonansie szeregowym.

Składały się z 20 zwojów przewodu 0,8 mm nawiniętego na średnicy 7 mm i długości 35 mm. Dławiki anodowy i siatkowy były dławikami ćwierćfalowymi (pracującymi w rezonansie równoległym). Były nawinięte przewodem 0,8 mm na średnicy 7 mm i zawierały 12 zwojów. Dławik D15 był przylutowany w odległości 47 mm od początku anodowego przewodu linii, a dławik D14 w odległości 43 mm od początku siatkowego przewodu linii. Po uruchomieniu układu należy w szereg z opornikiem R_{12} włączyć miliamperomierz (ok. 15 mA) i przez rozciąganie lub ściskanie ich uzwojeń i przesuwanie punktów podłączenia uzyskać maksimum prądu. Przy napięciu anodowym prąd siatki powinien wynosić około 13 mA. Na wyjściu uzyskano około 1 W mocy w.c.z.

Generator wygaszający na lampie EF22 pracuje w układzie Meissnera na częstotliwości około 400 kHz. Jego napięcie wyjściowe jest doprowadzone do siatki LD1. Zastosowane wygaszanie obce o stosunkowo dużej częstotliwości miało poprawić selektywność i stabilność odbiornika. Sygnał zdetekowany jest pobierany z opornika R_{10} w obwodzie anodowym lampy LD1. Pobór prądu anodowego całości układu wynosił przy odbiorze ok. 60 mA, a przy nadawaniu ok. 80 mA.

Elementy:

$C_1, C_2, C_3, C_{16}, C_{17}$ – mika 500 pF,

C_4 – 25 μ F, elektrolit, C_5 – 0,1 μ F, C_6 – 0,25 μ F, C_7, C_{10} – 10 nF (w oryginale podano 10 TpF, czyli 10 tys. pF), C_8 – 50 μ F, C_{10} – 1 μ F, C_{11}, C_{12} – 25 pF, przepustowe, C_{13} – trymer powietrzny 1 – 2 pF, C_{14} – trymer powietrzny 2,2 – 2,8 pF, C_{15} – 200 pF, mika, C_{18}, C_{19} – 50 TpF (50 nF).

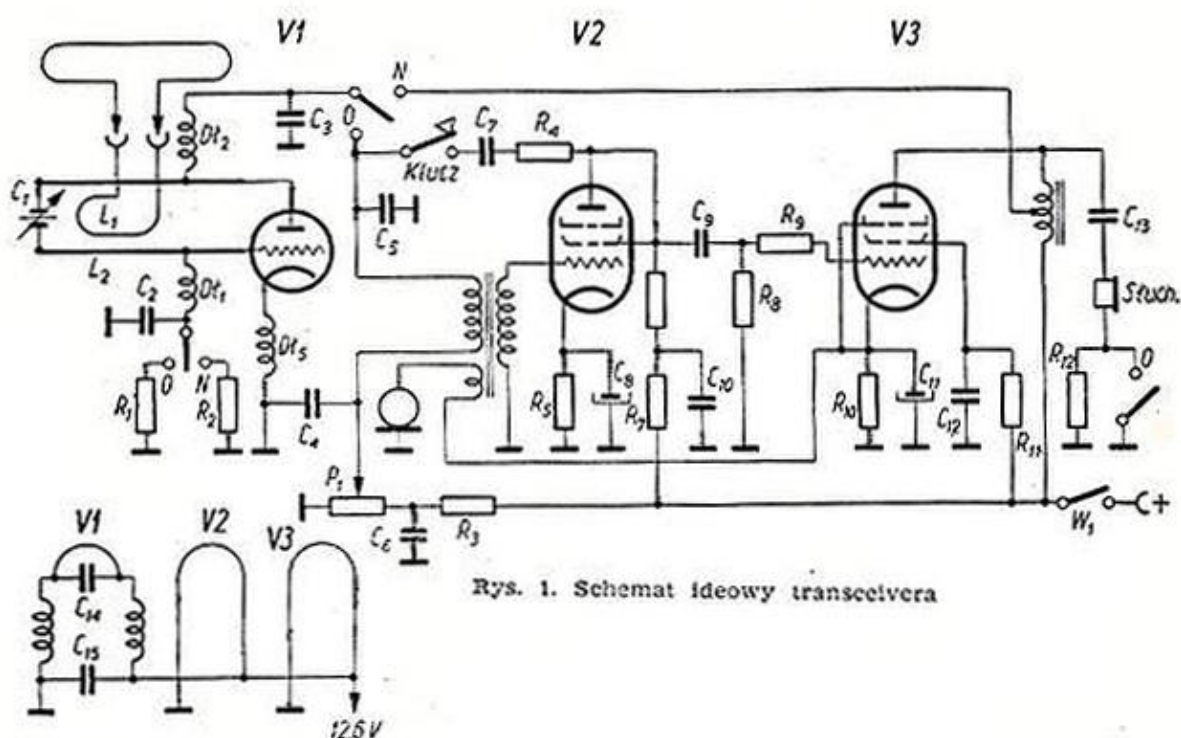
R_1, R_2, R_3 – 150 k Ω /0,25 W, R_4 – 0,5 M Ω /0,25 W, R_5 – 1750 Ω /0,25 W, R_6 – 50 k Ω /0,25 W, R_7 – 0,25 M Ω /0,5 W, R_8 – 1 M Ω /0,25 W, R_9 – 150 Ω /0,5 W, R_{10} – 60 k Ω /1 W, R_{11} – 10 k Ω /0,5 W, R_{12} – 4,7 k Ω /0,25 W, R_{13} – 0,1 M Ω /0,25 W, R_{14} – 0,2 M Ω /0,5 W.

Tr – transformator mikrofonowy, dławiki, K – klucz telegraficzny.

Według ówczesnych zaleceń dla łączności lokalnych przewidziane były podzakresy 430 – 432 i 438 – 440 MHz, a dla dalekosiężnych – 432 – 438 MHz.

Drugie z rozwiązań, przeznaczone dla początkujących zostało opublikowane w numerze 7/1958 *Radioamatora* przez Jana Wójcikowskiego SP9DR. Według autora nadajnik-odbiornik pozwalał na uzyskanie zasięgów do 150 km lub nawet 200 km w terenach górskich i mniej w terenach nizinnych. Składał się on z samowzbudnego generatora w.c.z. modulowanego amplitudowo i przy odbiorze pracującego jako detektor superreakcyjny. Rozwiązania takie nie były już wówczas stosowane w paśmie 2 m, ale w paśmie 70 cm były uważane za jeszcze dopuszczalne. Pomimo znanych wad superreakcji, niskiej stabilności częstotliwości i zauważalnej zawartości modulacji częstotliwości w modulowanym amplitudowo sygnale za ważną zaletę uważano prostotę układu zawierającego tylko trzy lampy.

Pozostałe dwie lampy pracowały przy nadawaniu jako tor modulacyjny, a przy odbiorze jako wzmacniacz m.c.z. odbiornika.



Rys. 1. Schemat ideowy transceiwera

Rys. 3.2.4.3. Schemat ideowy radiostacji SP9DR

Zmienne warunki pracy lampy przy nadawaniu i odbiorze powodowały różnicę częstotliwości dochodzącą nawet do 3 – 5 MHz, przy czym częstotliwość nadawania była niższa od częstotliwości odbioru. Dodatkowym słabym punktem była różnica w dopasowaniu anteny przy nadawaniu i odbiorze. W pewnym stopniu można ją było korygować za każdym razem, jak to przewidziano w opisywanym rozwiązaniu.

W układzie zastosowano trzy lampy. Pierwsza z nich popularna wówczas polskie RV12P2000 pracowała jako wzmacniacz mikrofonowy przy emisji A3 lub jako generator tonu m.c.z. dla telegrafii A2. Wysokość tonu zależała od elementów R_3 (0, – 0,5 M Ω) i C_3 . Napięcie ok. 3,5 V do zasilania mikrofonu było pobierane z katody lampy V3. Mikrofon mógł być też zasilany z płaskiej baterii 4,5 V. Przy odbiorze lampa służyła jako wzmacniacz napięciowy m.c.z. sprzężony transformatorowo z detektorem superreakcyjnym V1.

Transformator Tr1 miał trzy uzwojenia. Przy nadawaniu uzwojenia I i II służyły jako transformator mikrofonowy o przekładni 1:2,5 transformujący prądy mikrofonowe na napięcie dla siatki V2 pracującej jako wzmacniacz wstępny modulatora. Przy odbiorze służył on jako transformator międzylampowy o przekładni 1:4 sprzęgający detektor na V1 z pierwszym wzmacniaczem m.c.z. na V2. W następnym stopniu (V3) pracowała lampa typu LV1. Modulowała ona w anodzie generator w.c.z. Dla uproszczenia układu zastosowano modulację dławikową, a właściwie autotransformatorową. Dla dopasowania oporności obciążenia modulatora wnoszonej przez lampę generatora odczep musiał znajdować się w pobliżu środka uzwojenia. Przy odbiorze lampa V3 pełniła rolę wzmacniacza słuchawkowego. W stopniu generatora i detektora pracowała lampa LD2 z liniowym półfalowym obwodem rezonansowym w obwodach anody i siatki. Linia była wykonana z drutu miedzianego o średnicy 3,5 mm i miała długość 60 mm licząc od kondensatora C_1 do szklanej banki LD2. Odległość między prętami wynosiła 7,5 mm, co odpowiadało odstępowi nóżek LD2. Zbliżanie przewodów linii powoduje wzrost częstotliwości rezonansowej a oddalanie – jej obniżenie. Obrotowy kondensator strojeniowy miał pojemność 2 x 20 pF. Kondensator umożliwiał przestrajanie obwodu w granicach 400 – 480 MHz.

Przy odbiorze lampa V1 pracowała jako detektor superreakcyjny, a szum superreakcji pojawiał się już przy napięciu anodowym 20 – 25 V.

Dławiki Dł1 i Dł3 w obwodzie żarzenia składały się z 30 zwojów DNE 0,4 mm i były nawinięte zwój obok zwoju na średnicy 2,5 mm. Dławiki Dł5 w katodzie, Dł2 w anodzie i Dł1 w siatce były nawinięte drutem 0,15 mm w izolacji jedwabnej na średnicy 2,5 mm i zawierały po 35 zwojów ściśle obok siebie. Były one nawinięte na igielitowej koszulce izolacyjnej. Dławiki były podłączone do linii w punktach o zerowym napięciu w.c.z. Punkty te można było znaleźć dotykając linii ołówkiem o obserwując zmiany prądu siatki. Odpowiadały one minimum zmian prądu.

Konstruktor korzystał z anteny ZL złożonej z dwóch dipoli pętlowych wykonanych z drutu miedzianego o średnicy 3,5 mm. Jeden z nich miał długość 300 mm, a drugi 310 mm. Były one połączone odcinkiem linii symetrycznej $300\ \Omega$ o długości 72 mm. Antena wymagała dopasowania za pomocą transformatora ćwierćfalowego o impedancji falowej $140\ \Omega$ wykonanego z równolegle połączonych odcinków linii $300\ \Omega$ o długości 14 cm.

Spis elementów:

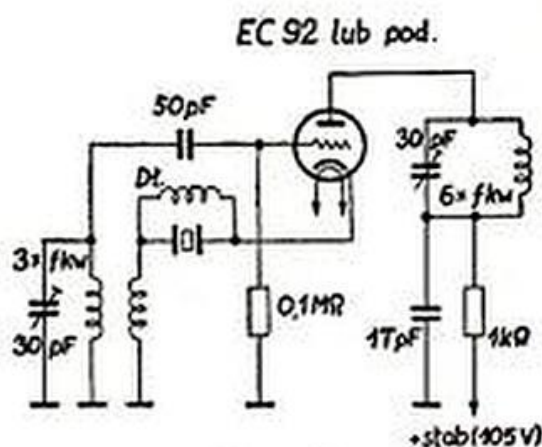
C_1 – obrotowy $2 \times 20\ \text{pF}$ maks, C_2, C_3 – $100\ \text{pF}$, 1 – $10\ \text{nF}$, C_4, C_{10}, C_{12} – $0,1\ \mu\text{F}$, C_5 – $2\ \text{nF}$, C_6 – $1\ \mu\text{F}$, C_7 – 1 – $10\ \text{nF}$ (dobierany), C_8 – $10\ \mu\text{F}/16\ \text{V}$, C_9 – $2\ \text{nF}$ (podawane w oryginale jako $2\ \text{TpF}$, podobnie dla innych), C_{11} – $50\ \mu\text{F}/16\ \text{V}$, C_{10} – 1 – $10\ \text{nF}$, C_{14}, C_{15} – $100\ \text{pF}$, P_1 – $20\ \text{k}\Omega$, R_1 – $0,1$ – $0,5\ \text{M}\Omega/0,25\ \text{W}$ (dobierany), R_2 – 5 – $10\ \text{k}\Omega/0,5\ \text{W}$, R_3 – $20\ \text{k}\Omega/0,5\ \text{W}$, R_4 – $0,1$ – $0,5\ \text{M}\Omega$ (dobierany), R_5 – $3\ \text{k}\Omega/0,25\ \text{W}$, R_6 – $70\ \text{k}\Omega/0,25\ \text{W}$, R_7 – $30\ \text{k}\Omega/0,25\ \text{W}$, R_8 – $0,5\ \text{M}\Omega/0,25\ \text{W}$, R_9 – $1\ \text{k}\Omega/0,25\ \text{W}$, R_{10} – $120\ \Omega/0,5\ \text{W}$, R_{11} – $10\ \text{k}\Omega/0,5\ \text{W}$, R_{12} – $0,8\ \text{M}\Omega/0,25\ \text{W}$.

Tr1 – rdzeń $2,5 \times 2,5\ \text{cm}$, uzwojenia I – 200 zwojów drutem $0,1\ \text{mm}$, II – 5000 zwojów drutem $0,1\ \text{mm}$, III – 1250 zw. drutem $0,1\ \text{mm}$.

Tr2 – dławik min. $10\ \text{H}$ z odczepem lub autotransformator.

3.2.5. Generatory wielokrotnościowo-harmoniczne

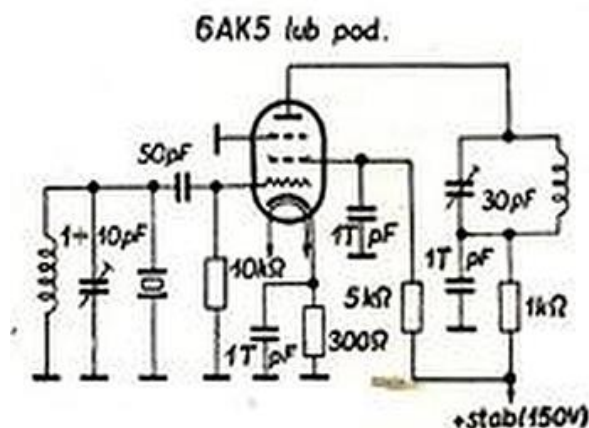
Przedstawione w numerze 8/1956 *Radioamatora* rozwiązanie pozwalało na generowanie i powielanie częstotliwości w jednym stopniu lampowym. Generator tego rodzaju nosił również nazwę generatora synchronizowanego. W publikacji w *Radioamatorze* jako autora pierwszego układu podano DL6EG. Kwarce był tutaj wzbudzany nie na częstotliwości podstawowej, a na jej wielokrotności. Dokładnie rzecz biorąc nie była to harmoniczna, a jej leżąca nieco powyżej wielokrotność. Kwarce pracował na zasadzie grubościowych drgań ścinania. Drgania mogły być wzbudzane tylko dla nieparzystych wielokrotności rzędu 3, 5, 7 itd. Do drgań tego rodzaju zdolne są wszystkie kwarce cięcia AT i BT. Przeważnie stosowano kwarce z zakresu 6 – 12 MHz. Generatory tego typu pozwalały na znaczne zmniejszenie liczby stopni nadajnika, zwłaszcza w nadajnikach na pasma 144 i 430 MHz.



Rys. 3.2.5.1. Schemat ideowy generatora z powielaniem DL6EG

W układzie z rys. 3.2.5.2 autorstwa DL1ZJ równolegle do kwarcu jest włączony obwód rezonansowy dostrojony tak, aby dla częstotliwości roboczej wyższego rzędu (zwanej z angielska *overtone*) miał

charakter indukcyjności. Obwód siatkowy i anodowy należy ostrożnie przestrajać aż do wzbudzenia się drgań na pożądaną częstotliwość. Układ pozwala na uzyskanie wyższych napięć wyjściowych.

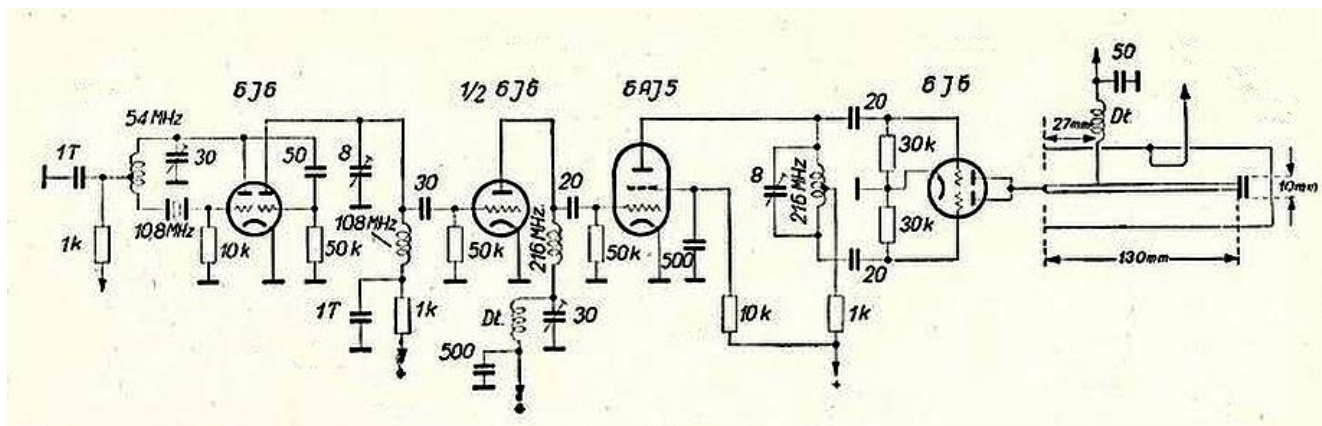


Rys. 3.2.5.2. Schemat ideowy generatora z powielaniem DL1ZJ

Przedstawiony na rys. 3.2.5.3. generator *Phi* skonstruowali PA0ZN i PA0BL. Układ szybko zdobył sobie uznanie wśród krótkofalowców. Obwód między katodą i siatką pentody jest dostrojony do wielokrotności roboczej wyższego rzędu, a obwód anodowy na jej wybraną harmoniczną. W trakcie dostrajania podawane jest najpierw napięcie tylko na siatkę ekranową, a między opornik upływowy i ziemię włączany jest mikroamperomierz. Przestrzajając trymer włączony między katodę i cewkę siatkową należy znaleźć punkt w którym prąd początkowy (wywołany przez drgania pasożytnicze) znika. Następnie za pomocą trymera znajdującego się między kwarcem a układem siatkowym dostraja się obwód rezonansowy do pożądaną częstotliwości. Jest to sygnalizowane przez pojawienie się i gwałtowny wzrost prądu siatki. Obwód anodowy jest dostrojony do harmonicznej tej częstotliwości drgań kwarcu.

3.2.6. Prosty nadajnik na pasmo 432 MHz

Opisany w numerze 1/1957 *Radioamatora* prosty nadajnik na pasmo 70 cm dostarcza mocy 1,5 W. W anodzie stopnia mocy znajduje się rezonator koncentryczny. Sterowany kwarcem 10,8 MHz generator wzbudzający pracuje na piątej wielokrotności jego częstotliwości – 54 MHz. Druga połówka triody 6J6 pracuje jako powielacz na 108 MHz, następny stopień – jako podwajacz na 216 MHz. Stopień wyjściowy pracuje również jako podwajacz na 432 MHz i jako wzmacniacz mocy.

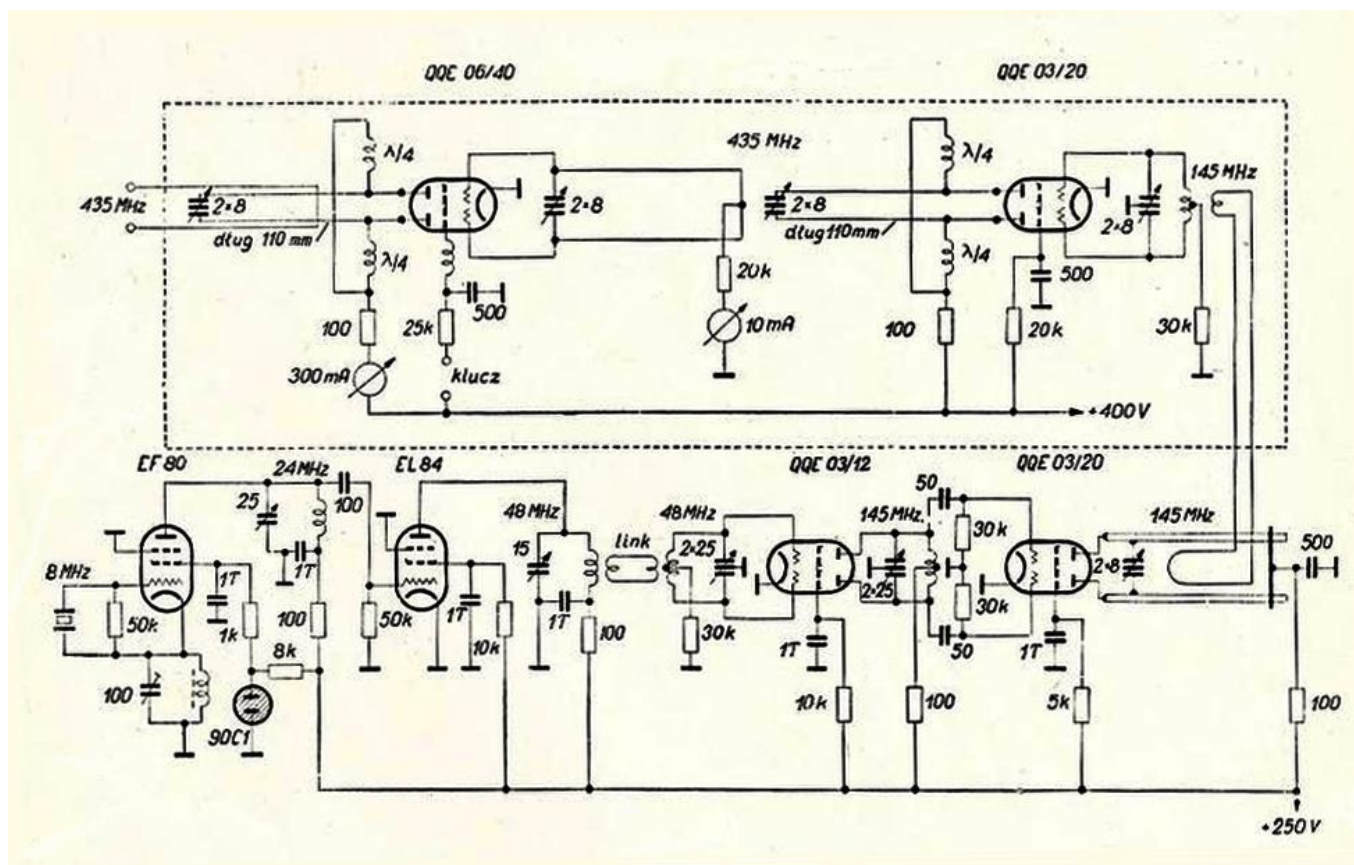


Rys. 3.2.6.1. Schemat ideowy nadajnika

3.2.7. Nadajnik na pasmo 435 MHz ze wzmacniaczami przeciwsobnymi

Większość stopni nadajnika (opisanego w numerze 1/1957 *Radioamatora*) pracuje w układzie przeciwsobnym na podwójnych tetrodach z serii QQE. Lampy te były przez długi czas używane w konstrukcjach krótkofalarskich. Ponieważ pasmo 435 MHz jest trzecią harmoniczną pasma 145 MHz posiadacze nadajników na 2 m mogli dobudować tylko potrajacz i stopień mocy z górnej części schematu. W stopniach mocy na pasmo 145 MHz i 435 MHz oraz w stopniu powielacza zastosowano liniowe półfalowe obwody rezonansowe skrócone pojemnościami lamp i dostrajane kondensatorami motylkowymi oraz pętle sprzęgające między stopniami. Czwierćfalowa linia w anodach wzmacniacza 145 MHz jest dodatkowo dostrajana zwieraczem znajdującym się na jej końcu i uziemionym dla prądów wielkiej częstotliwości przez kondensator 500 pF.

Generator kwarcowy na pentodzie EF80 dostarcza sygnału 8 MHz, a obwód rezonansowy w jej anodzie jest dostrójony do trzeciej harmonicznej – 24 MHz. Generator pracuje w układzie ECO (tri-tet) wykorzystując siatkę ekranującą jako uziemioną anodę części triodowej. Jej napięcie oraz napięcie anodowe jest stabilizowane za pomocą neonówki. Następny stopień na pentodzie EL84 jest podwójnym częstotliwości na 48 MHz, a pierwszy przeciwsobny wzmacniacz – potrajacz pracuje na podwójnej trtrodzie QQE 03/12. W przeciwsobnym wzmacniaczu mocy na 145 MHz zastosowano podwójną tetrodę QQE 03/20.

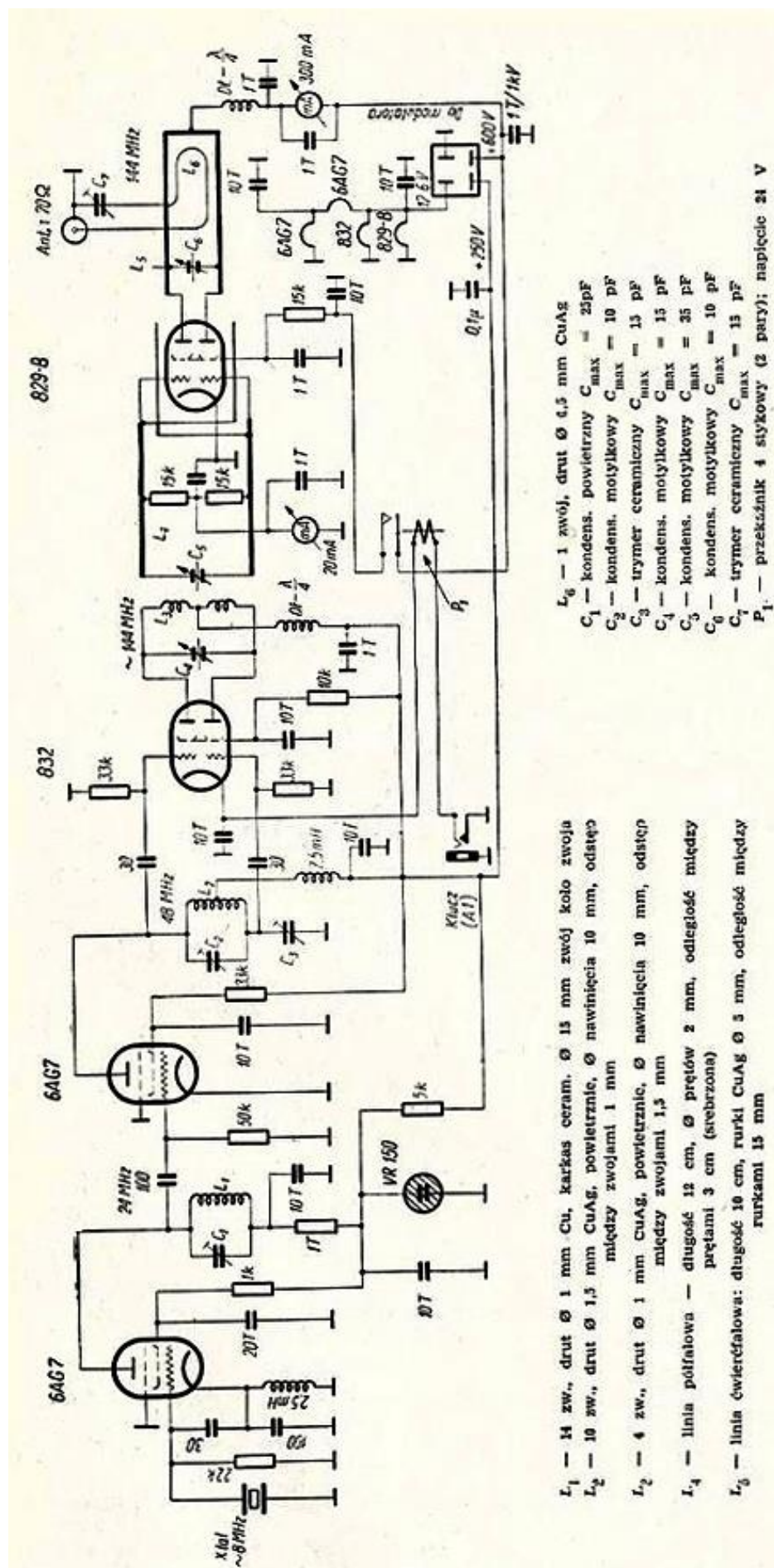


Rys. 3.2.7.1. Schemat ideowy nadajnika

W górnej części schematu znajdują się przeciwsobny potrajacz częstotliwości ze 145 MHz na 435 MHz na lampie QQE 03/20 i przeciwsobny wzmacniacz mocy na tetrodzie QQE 06/40. Jest on kluczowany w siatce ekranującej. Lampa QQE 03/20 dostarczała do 22 W mocy, a QQE 06/40 – do 66 W.

3.2.8. Nadajnik na pasmo 144 MHz

Konstrukcja Zbigniewa Lachowskiego SP5EL (w międzyczasie uzyskał on licencję amatorską) została opublikowana w numerze 2/1957 *Radioamatora*.



Rys. 3.2.8.1

Układ jest zasadniczo podobny do części dwumetrowej nadajnika z poprzedniego punktu, z tym, że zamiast tetrod z serii QQE zastosowano zbliżone para-metrami lampy 832 i 829B (zamiast niej można zastosować 832 A). Nadajnik jest dostosowany do pracy emisjami A1 (telegrafią), A2 (telegrafią tonową) i A3 (fonią AM). Obecne oznaczenia to odpowiednio A1A, A2A i A3E. Częstotliwość 144,72 MHz jest uzyskiwana przez 18-krotne powielenie częstotliwości kwarcu 8040 kHz ($\times 3$, $\times 2$, $\times 3$).

Pierwsza lampa 6AG7 pracuje jako elektronowo sprzężony oscylator-potrzącz (ECO) w układzie Gouriet-Clappa o podstawie anodowej (czyli ze wspólną anodą; jako wtórnik katodowy), przy czym rolę anody pełni uziemiona dla w.cz. siatka ekranująca. Sprężenie zwrotne uzyskuje się za pomocą dzielnika pojemnościowego, a składowa stała prądu katodowego płynie przez dławik 2,5 mH. Obwód anodowy jest nastrojony na trzecią harmoniczną tj. 24 MHz. Napięcie anodowe i ekranu są stabilizowane za pomocą neonówki.

Następny stopień na 6AG7 jest podwajaczem, w anodzie którego uzyskuje się częstotliwość 48 MHz. Obwód anodowy jest symetryczny. Trymer C_3 służy do skompensowania pojemności wyjściowej lampy. Następny stopień pracuje jako przeciwsobny potrzącz na lampie 832. W jej anodzie znajduje się obwód dostrojony do częstotliwości pracy (144,72 MHz) i sprzężony indukcyjnie z siatkowym obwodem lampy końcowej 829 B. Z uwagi na znaczne pojemności wejściowe lampy 832 B zastosowano tu obwód o stałych rozłożonych (linię półfalową). W punktach zerowego potencjału w.cz. linii dołączone są oporniki siatkowe, których zimne końce przyłączone są do ziemi przez miliamperomierz służący do pomiaru prądu siatki. Przy prawidłowym wysterowaniu łączny prąd siatek stopnia końcowego przekracza 10 mA.

Obwód anodowy stopnia końcowego stanowi linia ćwierćfalowa skrócona pojemnościami lampy oraz kondensatorem strojeniowym C_6 . Sprężenie z anteną jest indukcyjne za pomocą jednego zwoju drutu (L_6). Włączony w szereg z L_6 trymer ceramiczny C_7 służy do skompensowania oporności indukcyjnej (reaktancji) L_6 .

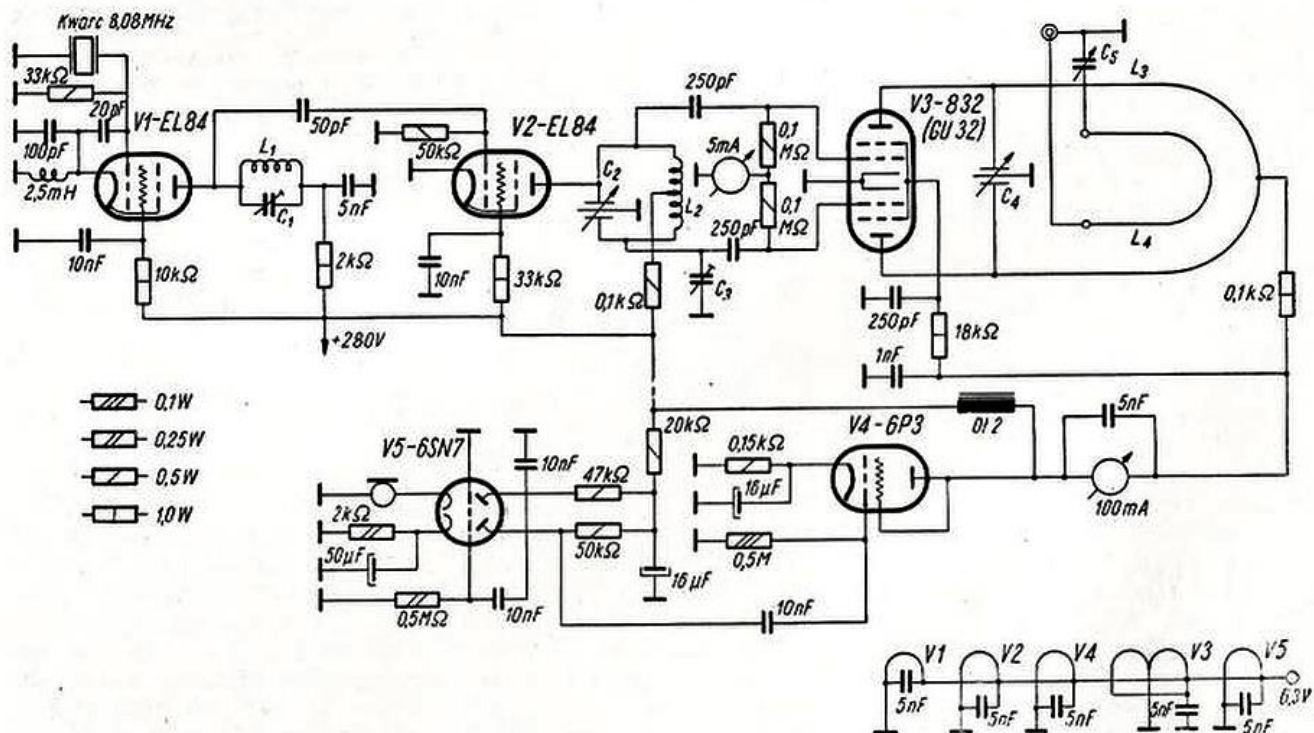
Kluczowanie fali nośnej przy emisji A1 (A1A) uzyskuje się przez bezpośrednie przerywanie obwodu katody 832 i równoczesne przerywanie przekaźnikiem obwodu ekranu stopnia końcowego (829 B). Gniazdko klucza było typu samowziewającego i przy nadawaniu emisjami A2 (A2A) i A3 (A3A) lub strojeniu nadajnika wtyczkę klucza wyjmowano z gniazdko. Dla umożliwiania pracy telegrafią modulowaną (A2 – A2A) w modulatorze dodano generator 800 Hz.

Powielacze były zasilane z zasilacza 250 V/120 mA, modulator z zasilacza 300 V/150 mA i stopień końcowy z zasilacza 600 V/150 mA.

3.2.9. Nadajnik do radiopelengacji amatorskiej na pasmo 144 MHz

Opis nadajnika do „Łowów na lisa” autorstwa Zbigniewa Olejnika pochodzi z numeru 12/1962 *Radioamatora*. Nadajnik jest stabilizowany kwarcem o częstotliwości 8,08 MHz. Jest to układ z dzielnikiem pojemnościowym (Colpittsa) pracujący na lampie V1 – EL84. Pracuje on jednocześnie jako powielacz a jego obwód anodowy jest dostrojony do trzeciej harmoniczej. Lampa V2 – również EL84 pełni funkcję podwajacza częstotliwości z symetrycznym obwodem anodowym. Trymer C_3 służy do skompensowania pojemności wyjściowej lampy V2. W końcowym stopniu zastosowano podwójną tetrodę V3 – GU32 (odpowiadała amerykańskiej 832). Pracowała ona jako przeciwsobny potrzącz częstotliwości i zarazem wzmacniacz mocy. Obwód anodowy stopnia końcowego stanowiła linia ćwierćfalowa dostrojona do rezonansu kondensatorem strojeniowym C_4 . Antena jest sprzężona indukcyjnie za pomocą jednozwojowej pętli L_4 . Włączony z nią w szereg trymer ceramiczny C_5 służy do kompensacji jej oporności indukcyjnej.

Wzmacniacz mocy jest modulowany w anodzie i ekranie przez lampę V4 – 6P3 w układzie triody z modulacją dławikową. Wzmacniacz mocy modulatora pracuje w klasie A i jest sterowany przez podwójną triodę – lampę V5 typu 6SN7. Lampo V5 pracuje w układzie z uziemioną siatką i mikrofonem w katodzie. Zbędne były transformator mikrofonowy i źródło zasilania mikrofonu. W tym czasie w radiopelengacji na 144 MHz używano tylko fonii i nadajnik nie był przewidziany do pracy telegraficznej.



Rys. 1. Schemat ideowy nadajnika do „Łowów na lisa”

L_1 — 11 zwojów, drut ϕ 1,5 mm, powleczona, ϕ nawinięcia 15 mm; L_2 — 8 zw., drut ϕ 1,5 mm, powleczona z odczepem w środku, ϕ nawinięcia 15 mm; L_3 — 1 zw., drut 3,0 mm linia o długości 11 cm; L_4 — 11 zwojów, drut ϕ 3,0 mm. Pętla sprzęgająca:
 C_1 — kondensator powietrzny $C_{max} = 30$ pF; C_2 — kondensator motylkowy $C_{max} = 2 \times 20$ pF; C_3 — kondensator ceramiczny (trymer) $C_{max} = 30$ pF; C_4 — kondensator motylkowy $C_{max} = 2 \times 15$ pF; C_5 — kondensator ceramiczny (trymer) $C_{max} = 30$ pF

Rys. 3.2.9.1. Schemat ideowy nadajnika

Najprostszym sposobem kluczowania dla telegrafii A1 (A1A) było bezpośrednie przerywanie obwodu katodowego lampy V3 (832) i niemal równoczesne przerywanie obwodu ekranu lampy V4 (829) za pomocą przekaźnika. Gniazdo klucza typu samozwierającego pozwalało na wyjmowanie wtyku klucza przy strojeniu. W zastosowaniu jako klubowa radiostacja telegraficzna (rys. 3.2.9.2) nadajnik służył jako wzбудnica dla stopnia większej mocy na lampie typu 829. Obwód o stałych rozłożonych będący obciążeniem lampy 832 został zastąpiony przez obwód o stałych skupionych. Liczba zwojów jest podana na schemacie 3.2.9.2. Obwód wyjściowy V3 jest sporządzony z obwodem siatkowym V3 za pomocą pętli sprzęgającej wykonanej z przewodu w igielicie. Nadajnik mógł być połączony z anteną symetryczną 300 Ω lub 75 Ω .

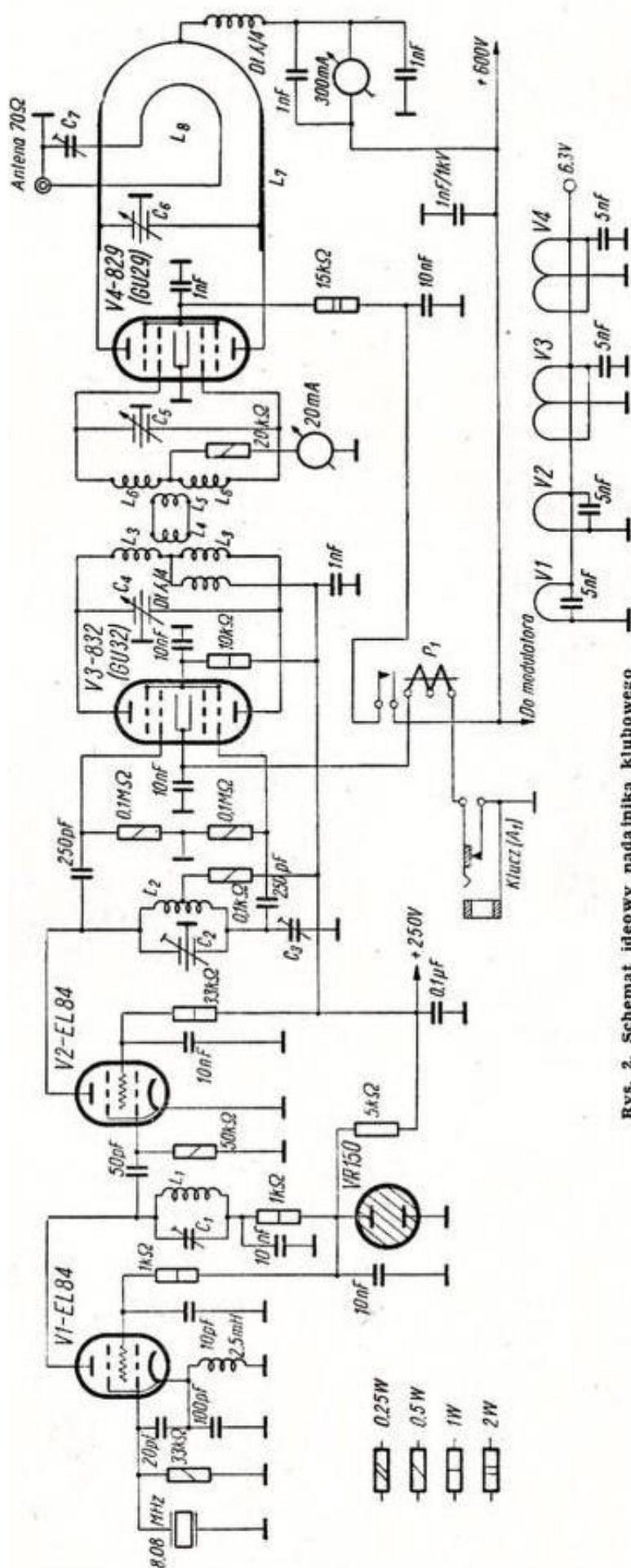
W terenie nadajnik pierwszy był zasilany z akumulatora 6 V/100 Ah i baterii anodowych BAS-80. Nadajnik klubowy wymagał zasilacza 500 — 600 V/200 mA dla stopnia końcowego.



Długość linki jest zależna od odległości między obwodem anodowym lampy 832, a jej obwodem siatkowym.

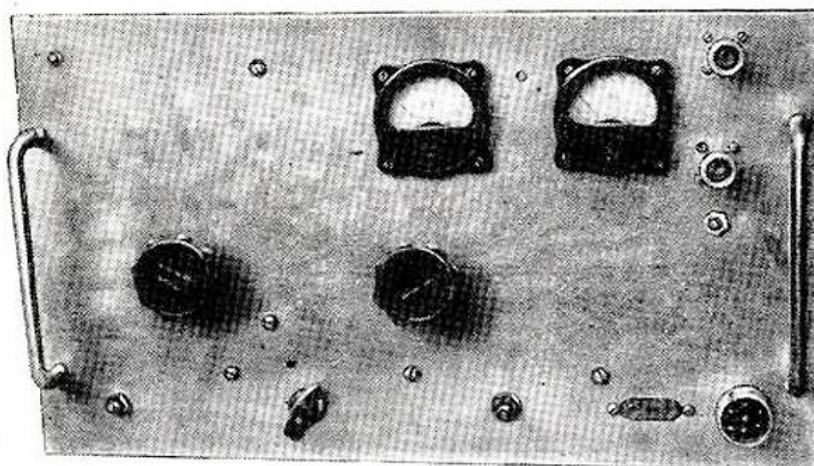
Rys. 3. Obwód L_4 i L_5

Rys. 3.2.9.3



Rys. 2. Schemat ideowy nadajnika klubowego

L_1 — 11 zwojów, drut ϕ 1,5 mm Cu, powłoka Ag, powłoka Ag; L_2 — 8 zw., drut ϕ 1,5 mm Cu Ag powłokowa, ϕ nawinięcia 15 z odstępem w środku; L_3 — 2 $\times$ 2 zw., drut ϕ 1,5 mm Cu Ag, powłoka Ag, powłoka Ag; L_4 i L_5 — po 2 zw., drut ϕ 1,5 mm Cu Ag, powłokowa, ϕ nawinięcia 15 mm włożone między L_3 i L_6 ; L_6 — 2 $\times$ 2 zw., drut ϕ 1,5 mm Cu Ag, powłokowa, ϕ nawinięcia 15 z odstępem w środku; L_7 — linia ćwiertlowa, długość 10 ÷ 12 cm, rurka Cu Ag ϕ 5 mm (może być tylko Cu) odległość między ramionami 15 ÷ 20 mm; L_8 — 1 zwój, drut ϕ 2 mm, Cu Ag lub Cu;
C₁ kondensator powłokowy $C_{\max} = 30$ pF, C₂ — kondensator miedziany (tyrmer) $C_{\max} = 2 \times 20$ pF; C₃ — kondensator ceramiczny (tyrmer) $C_{\max} = 30$ pF; C₄ — kondensator miedziany $C_{\max} = 2 \times 15$ pF; C₅ — kondensator miedziany $C_{\max} = 2 \times 15$ pF; C₆ — kondensator miedziany (tyrmer lub typu Phillips = 30 pF; P₁ — przełącznik.

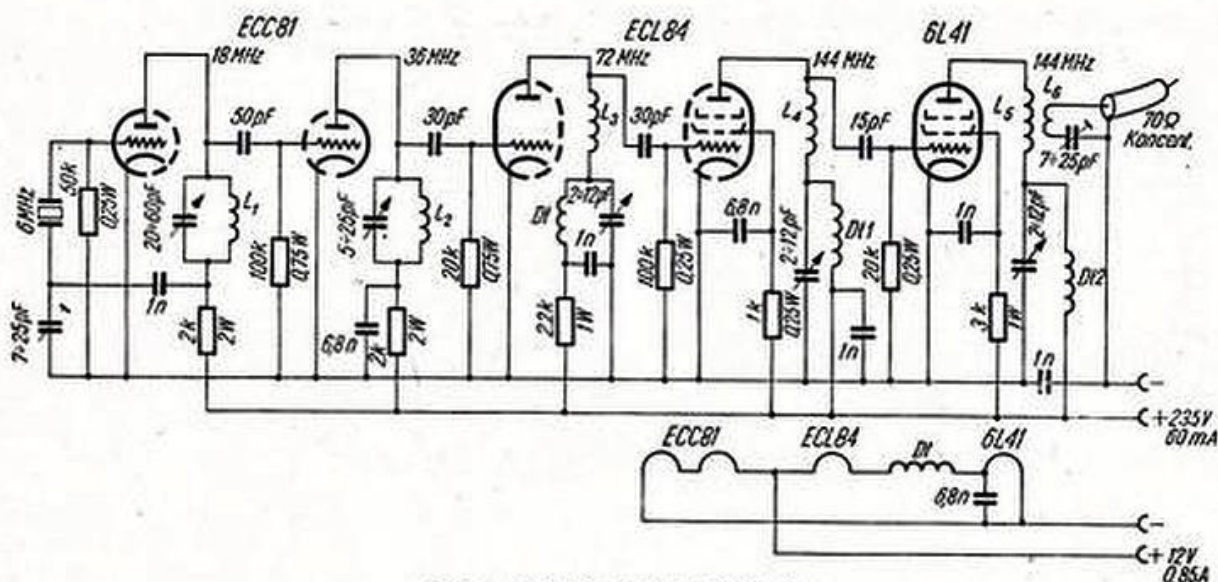


Widok z przodu na płytę czołową

Fot. 3.2.9.4. Płyta czołowa nadajnika do radiopelengacji

3.2.10. Ekonomiczny nadajnik na pasmo 145 MHz

Opis ekonomicznego nadajnika na pasmo 145 MHz dla radiostacji przenośnej konstrukcji Jana Wójcikowskiego SP9DR został opublikowany w numerze 5/1965 *Radioamatora*. Nadajnik dostarcza mocy 2 – 3 W i mógłby być zrealizowany zdaniem konstruktora również na tranzystorach, ale brak było krajowych tranzystorów na ten zakres. Nadajnik mógł być zasilany z baterii 6 lub 12 V przy zastosowaniu przetwornicy tranzystorowej. Był on przewidziany do pracy fonicznej i modulowany w anodzie, ale możliwe było przystosowanie go do pracy telegraficznej emisjami A1 i A2 (A1A i A2A).



Rys. 1. Schemat ideowy nadajnika

L_1 — 35 zw. $\varnothing$ 0,4 mm w bawelnie, korpus $\varnothing$ 7 mm; L_2 — 12 zw. $\varnothing$ 1 mm CuL, korpus $\varnothing$ 10 mm; L_3 — 14 zw. $\varnothing$ 0,8 mm, L_4 — 4 zw. $\varnothing$ 1,3 mm srebrzony, korpus $\varnothing$ 12 mm; L_5 — 5 zw. $\varnothing$ 1,5 mm srebrzony, korpus $\varnothing$ 12 mm.
Dławiki — wszystkie $\lambda/4$ z drutu $\varnothing$ 0,4 mm Cu, emalia-jedwab

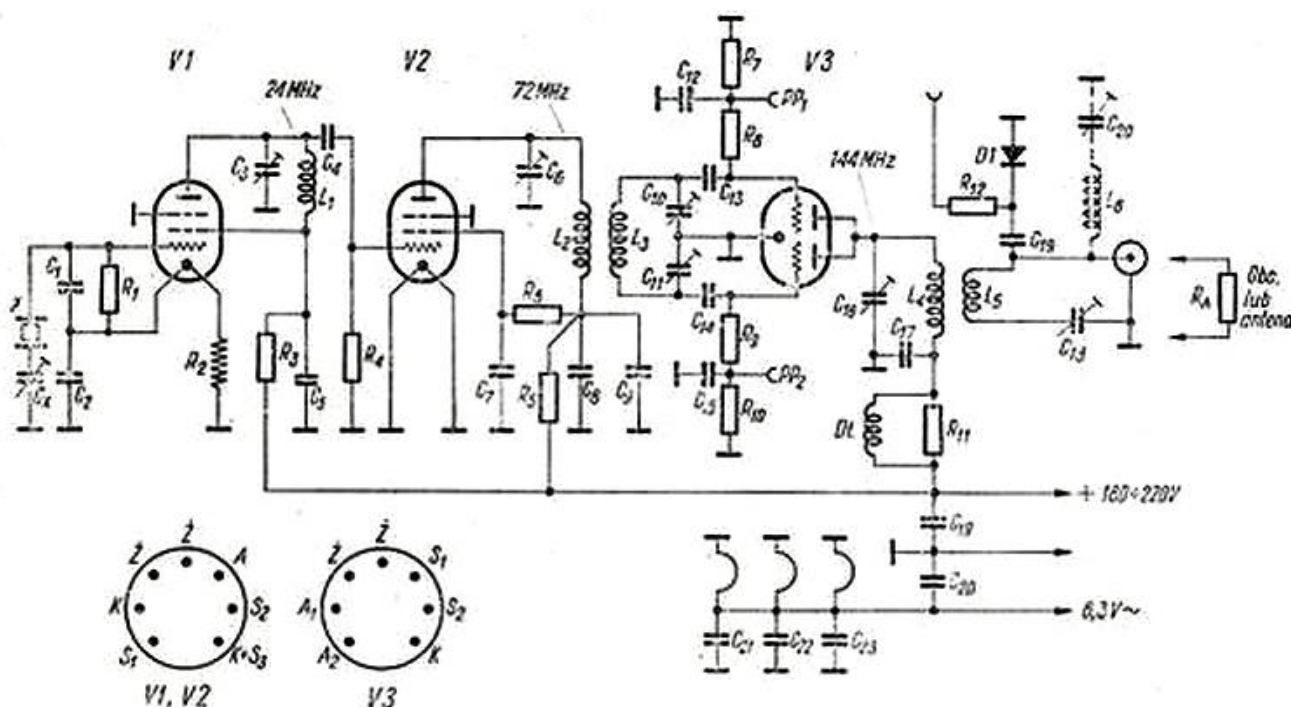
Rys. 3.2.10.1. Schemat ideowy nadajnika

W generatorze zastosowano lampę ECC81 ponieważ mogła być żarzona napięciem 6 lub 12 V. Kwarce pracował na częstotliwości 6 MHz, a w obwodzie anodowym była wydzielana jej trzecia harmoniczna — 18 MHz. Druga połówka podwajała częstotliwość na 36 MHz. Trioda drugiej lampy pracowała jako

podwajacz na 72 MHz i była obciążona szeregowym obwodem rezonansowym wykonanym z posrebrzanego drutu miedzianego (CuAg). Jej pentoda podwaja częstotliwość na 145 MHz. Stopień mocy pracował na lampie 6L41 również obciążonej szeregowym obwodem rezonansowym. Lampa mogła przy zasilaniu napięciem 240 V oddawać 5 W mocy. Zamiast kwarcu 6 MHz można było zastosować kwarce na 9 lub 12 MHz dopasowując stosunki powielania.

3.2.11. Trzylampowy nadajnik UKF

Stabilny nadajnik UKF dla wszystkich konstrukcji Wojciecha Nietykszy SP5FM został opisany w numerze 10/1965 *Radioamatora*. Był on przewidziany dla posiadaczy licencji II kategorii dlatego też moc doprowadzona do stopnia końcowego była ograniczona do 5 W. Był on stabilizowany kwarcem około 6, 8 lub 12 MHz jeżeli jego 24-, 18- lub 12-ta harmoniczna wypadła w paśmie 144 – 146 MHz.



Rys. 1. Schemat ideowy nadajnika

C_x – 50 pF trymer powietrzny TP; C_1 – 50 pF styroflexowy, mikowy lub ceramiczny (jasno-niebieski); C_2 – 130 pF; $C_3, C_4, C_{10}, C_{11}, C_{16}, C_{20}$ – 30 pF trymery powietrzne TP lub TPM; C_5 – 50+100 pF ceramiczny; C_6, C_7, C_{12} – 6,8 nF segnetoceramiczne, dyskowe (tytanianowe); C_8, C_{17} – 300 pF ceramiczny; C_9, C_{14} – 20+50 pF ceramiczne; C_{13} – 20 pF trymer powietrzny TPM lub 30 pF TP; C_{15} – 1 nF mikowy lub ceramiczny; $D1$ – OA65, DOG 58 itp.; $D2$ – diawik ukf (40 cm drutu $\varnothing$ 0,2 mm na oporniku R_{11} – 100 Ω); L_1 – 22 zw. Cu em. $\varnothing$ 0,6 mm, powietrzna zwój przy zwoju na $\varnothing$ 8 mm; L_2, L_4 – 12 zw. Cu em. $\varnothing$ 0,9 mm, powietrzna zwój przy zwoju na $\varnothing$ 8 mm; L_3 – 10 zw. Cu em. $\varnothing$ 0,6 mm, powietrzna zwój przy zwoju na $\varnothing$ 8 mm; L_5 – 4 zw. Cu Ag. $\varnothing$ 1 mm, powietrzna na $\varnothing$ 8 mm odstęp między zwojami 1 mm; L_6 – 1 zw. $\varnothing$ 0,7 mm na „zimnym” końcu L_5 ; R_1, R_2 – 150–200 k Ω /0,1 W; R_3 – 1 k Ω /2 W drutowy; R_4, R_5 – dobie-rany (patrz tekst); R_6 – 47 k Ω /0,5 W; R_7, R_{10} – 1 k Ω /0,1 W dobrane pary; R_8, R_9 – 15–25 k Ω /0,1 W dobrane pary; R_{11} – 20 k Ω /0,1 W; $V1, V2$ – EF 95/6AK5/6Z1P/6F33; $V3$ – ECC 91/6J6/6N15P/6CC31. Uwaga: zacisk pomiarowy obwodu antenowego ma oznaczenie PP₂.

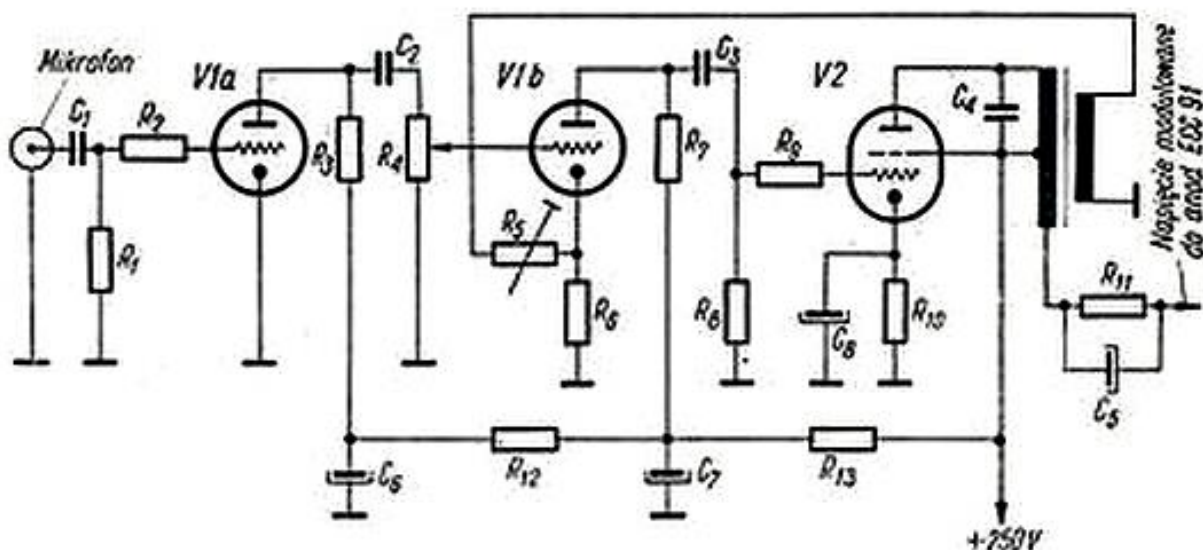
Rys. 3.2.11.1. Schemat ideowy nadajnika na pasmo 144 MHz

W założeniu był to układ możliwie prosty, zawierający łatwo wówczas dostępne części, dający się łatwo uruchomić i nie wymagający skomplikowanego wyposażenia do jego uruchomienia.

Lampa V1 (EF95, 6Z1P) pracuje w układzie generatora (na triodzie katoda-siatka-ekran) i powielacza częstotliwości. Obwód C_3L_1 w anodzie jest dostrojony do harmonicznej 24 MHz. Potrajacz na lampie V2 (EF95) dostarcza sygnału o częstotliwości 72 MHz. Obwód anodowy C_6L_2 lampy V2 był indukcyjnie sprzężony z symetrycznym (przeciwsobnym) obwodem siatkowym lampy V3 pracującej jako podwajacz i stopień mocy. Od konwencjonalnego układu przeciwsobnego różnił się tym, że siatki były sterowane przeciwsobnie a anody połączone równolegle i obciążone obwodem niesymetrycznym. Na każdy okres wielkiej częstotliwości w obwodzie siatkowym przypadały dwa impulsy prądu anodo-

wego – następowało więc naturalne podwojenie częstotliwości. Sprawność stopnia była zbliżona do sprawności zwykłego wzmacniacza. Przy pełnej symetrii obu połówek lampy i obwodu siatkowego częstotliwość podstawowa i nieparzyste harmoniczne znoszą się i nie występują na wyjściu. Obwód siatkowy V3 jest symetryzowany za pomocą kondensatorów C_{10} i C_{11} . Jako V3 pracowała lampka ECC91 o bardzo małych pojemnościach międzyelektrodowych i indukcyjności, której odpowiednikami były 6J6, 6N15P i 6C31. Nadajnik mógł być modulowany anodowo w układzie Heisinga. Modulator musiał dostarczać mocy 2 – 3 W m.cz. Przykładowy schemat modulatora przedstawiono na schemacie 3.2.11.2.

Lampa ta jako jedyna podwójna trioda posiadała konfigurację o wspólnej osiowo umieszczonej katodzie, dzięki czemu można było pominąć wpływ indukcyjności doprowadzenia katody przy symetrycznym obwodzie wejściowym. Według jej pierwowzoru były następnie konstruowane tetrody nadawcze UKF typów QQE03/12, QQE06/40 itp.



Rys. 6. Schemat kompletnego, prostego modulatora do nadajnika z rysunku 1
 C_1 - C_3 – 1 nF; C_4 – 4,7 nF; C_5 - C_7 – min. 4 μ F/350 V; C_8 – min. 10 μ F/25 V; R_1 – 5 M Ω lub więcej; R_2 , R_3 , R_{12} , R_{13} – 10 k Ω ; R_4 , R_7 – 220 k Ω ; R_5 – 500 k Ω potencjometr; R_6 – 1 M Ω potencjometr nast.; R_8 – 2,7 k Ω ; R_9 – 500 k Ω ; R_{11} – właściwy dla użytej lampy wyjściowej; R_{12} – dobrany tak, aby napięcie modulujące wynosiło 100÷200 V; V1 – ECC 83/12AX7; V2 – EL 84 lub podobna; Tr – od odbiornika z wyjściem przeciwosobowym (np. „Stern”) lub wzmacniacza 3÷5 W.

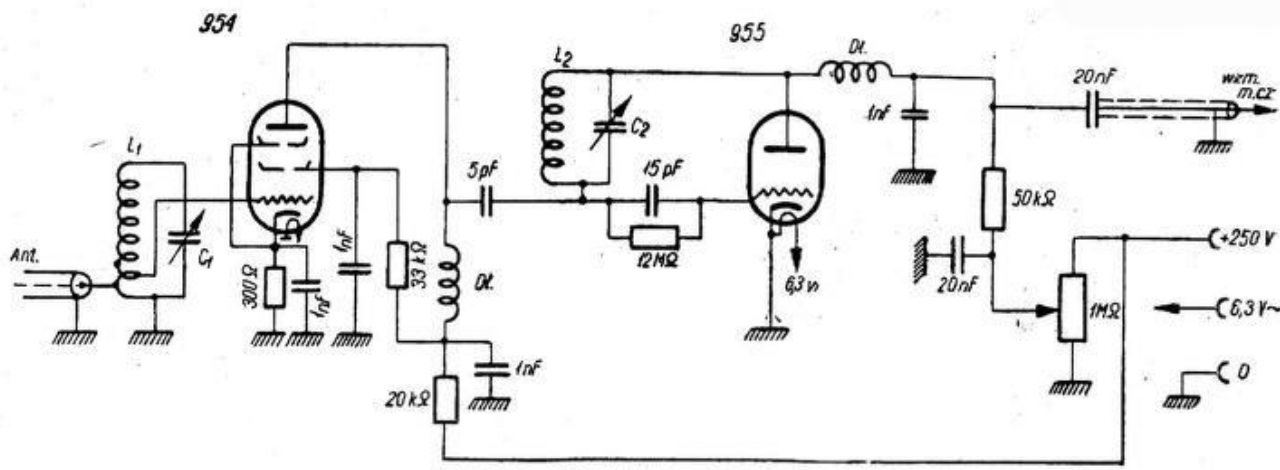
Rys. 3.2.11.2. Schemat przykładowego modulatora

3.3. Odbiorniki amatorskie

3.3.1. Superreakcyjny odbiornik na pasmo 145 MHz ze wzmacniaczem w.cz.

Odbiornik na pasmo 145 MHz został opisany w numerze 7/1954 *Radioamatora* przez Z. Lachowskiego. W detektorze superreakcyjnym można było stosować ówczesne lampy typu 955 (żołędziowe), 6S1Ż, LD1, RL12T1 albo 6J6. Dla dwóch pierwszych typów napięcie żarzenia wynosiło 12,6 V. We wzmacniaczu wstępnym użyto lampę typu 954 (żołędziowe), ale lepsze parametry miały lampy 6AK5, 6AJ5 i 6AG5. Dwustopniowy wzmacniacz małej częstotliwości na lampach 6J5, 6V6 w konwencjonalnym układzie pominięto w opisie. W konstrukcji zastosowano elementy dobrej jakości: ceramiczne kondensatory i podstawki lampowe i posrebrzane przewody. Kondensatory blokujące ekran i katodę lampy 954 są uziemnione we wspólnym punkcie na chassis.

Odbiornik pokrywa pasmo 144 – 146 MHz przy 3/4 maksymalnej pojemności kondensatorów strojeniowych. Wzmacniacz w.cz. jest sprzężony z detektorem superreakcyjnym pojemnościowo za pomocą kondensatora 5 pF. Dławiki w.cz. były nawinięte powietrznie na średnicy 6 mm, zwoj przy zwoju i skleję klejem trolitulowym. Druk nawojowy 0,2 – 0,4 mm miał długość 50 cm. Można było też nawinąć je na opornikach masowych bezindukcyjnych od 100 k Ω wzwyż. Opornik w siatce detektora superreakcyjnego miał wartość około 12 M Ω , a pojemność C – 16 pF. Zwiększenie oporności powoduje wzrost selektywności i do pewnej granicy czułości odbiornika. Przy zbyt dużym R częstotliwość wygaszania nadmiernie maleje i może nawet być słyszalna, co przeszkadzałoby w odbiorze. Mała oporność rzędu 1 M Ω zmniejsza selektywność i zwiększa natężenie szkodliwego promieniowania w.cz.

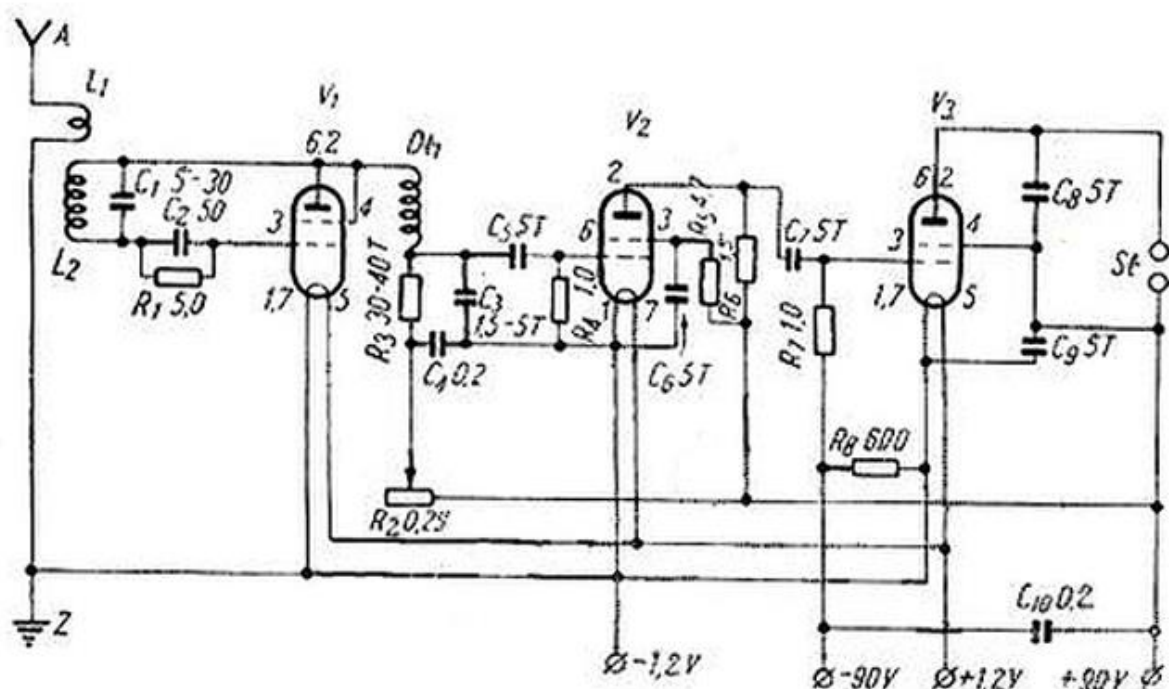


Rys. 3.3.1.1. Schemat ideowy odbiornika ze wzmacniaczem w.cz.

Cewki: L₁ – 7 zwojów drutem srebrzonym 1,2 mm, powietrznie, średnica nawinięcia około 12 mm, odczep dla anteny 0,5 zwoja od strony uziemionego końca, dla siatki 3 zwoje od strony uziemionego końca; L₂ – 5 zwojów jak L₁, bez odczepów; C₁ i C₂ – 3 – 10 pF.

3.3.2. Odbiornik na lampach bateryjnych

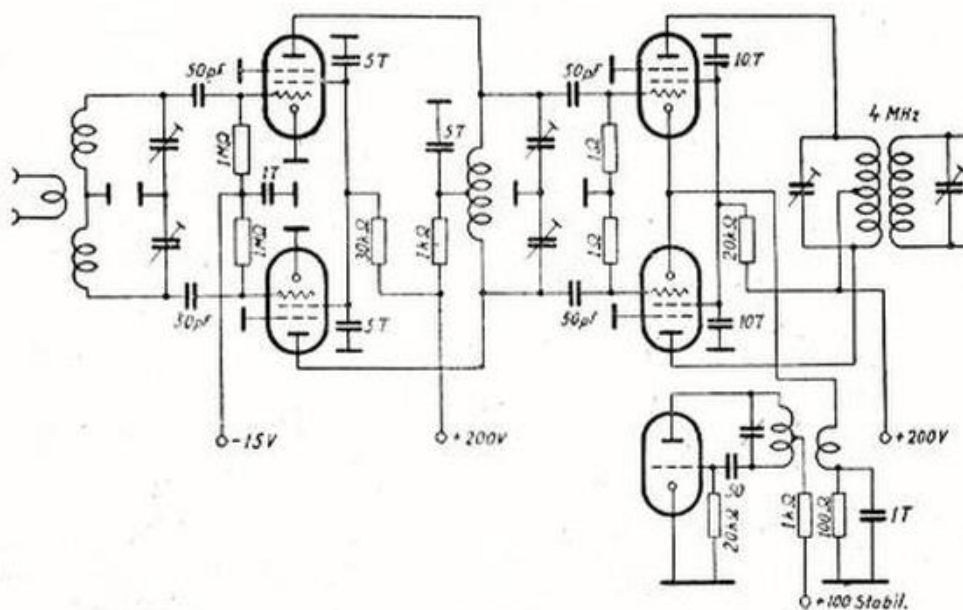
Wersję odbiornika z rys. 3.1.2 wykonanego na lampach bateryjnych przedstawiono w numerze 8/1954 *Radioamatora*. Jako V1 zastosowano w nim lampę 2P1P, jako V2 – 1K1P 1B1P i jako V3 – 2P1P. Na wyjściu można podłączyć głośnik lub słuchawki. Kondensator C₁ ma pojemność 5 – 30 pF, C₂ – ceramiczny 50 pF, L₂ miała 7 zwojów przewodu 1,5 mm nawiniętych na średnicy 15 dla odbioru radiofonii lub 5 zwojów przewodu 1,5 mm na średnicy 15 mm dla odbioru stacji amatorskich. Dławik w.cz. zwierzał 40 zwoi przewodu 0,3 mm na karkasie od opornika. Do zasilania służyła bateria żarzeniowa 1,2 V i anodowa 40 – 100 V. Pobór prądu wynosił odpowiednio 300 mA dla żarzenia i 7 – 8 mA prądu anodowego. Osiągana czułość wynosiła 4 – 10 μ V, a wytłumienie szumów następowało przy 25 – 30 μ V.



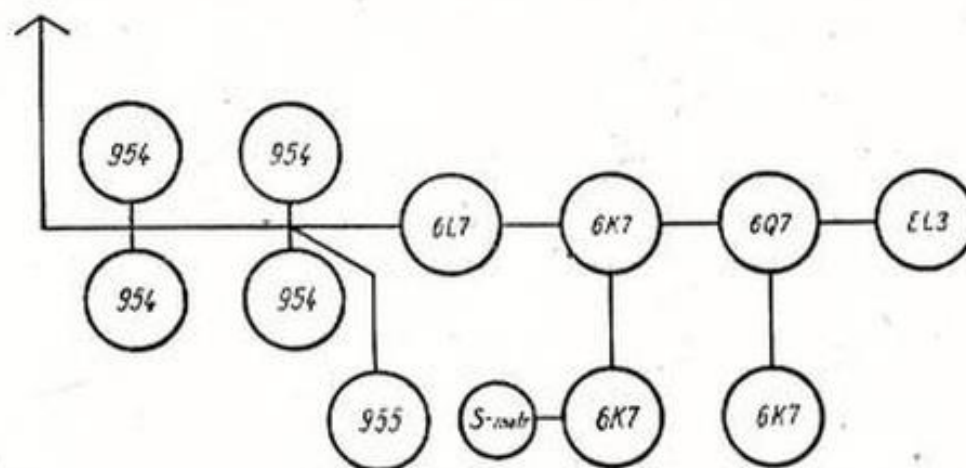
Rys. 3.3.2.1. Schemat ideowy bateryjnego odbiornika 0-V-2

3.3.3. Konwerter stacji SP3PD

Stacja SP3PD w pierwszej polskiej powojennej łączności w paśmie 144 MHz korzystała z konwertera (stopnia przemiany) na 3,5 MHz pracującego na lampach żołądziowych: pentodach typu 954 we wzmacniaczu w.cz. i mieszaczu i żołądziowej triodzie typu 955 w oscylatorze. Schemat konwertera przedstawiono na ilustracji 3.3.3.1. Opis pochodzi z numeru 11/1954 *Radioamatora*.



Rys. 3.3.3.1. Schemat ideowy konwertera

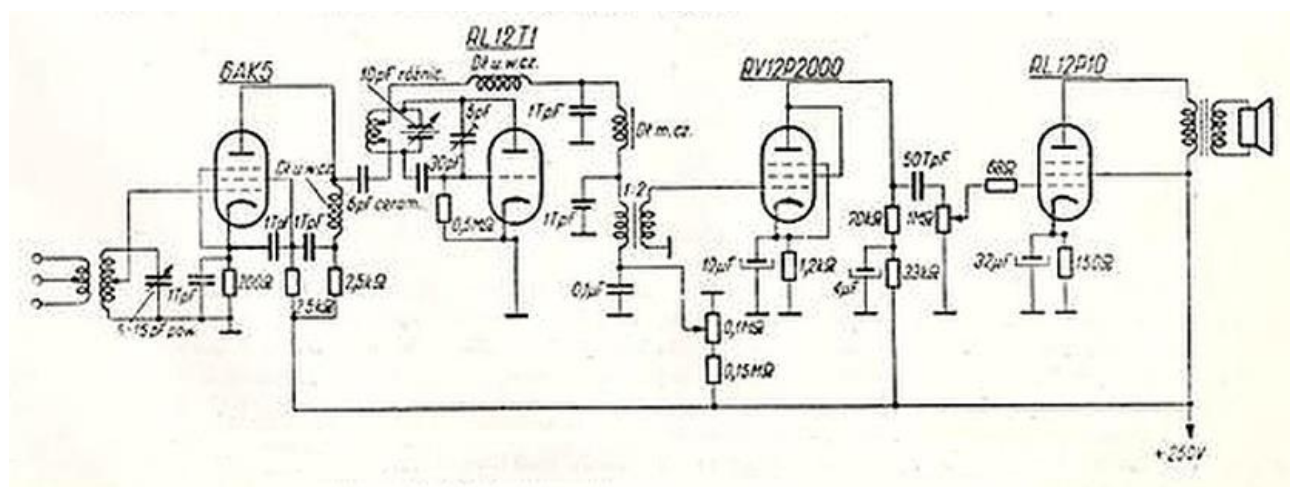


Rys. 3.3.3.2. Schemat blokowy całego odbiornika

Wzmocnienie sygnału na częstotliwości pośredniej 3,5 MHz odbywa się kolejno na dwóch stopiach na lampach 6K7. Drugi detektor pracuje na diodzie lampy 6Q7, której część triodowa jest wykorzystywana jako napięciowy wzmacniacz małej częstotliwości. Pomocniczy generator dudnieniowy do odbioru telegrafii pracuje na lampie 6C5, a wzmacniacz m.cz. na lampie EL3. Wszystkie stopnie wzmocnienia wielkiej i pośredniej częstotliwości są strojone. Opis nadajnika znajduje się w rozdziale 3.2.

3.3.4. Odbiornik 1-V-2 na pasmo 144 MHz

Odbiornik foniczny przeznaczony do pracy terenowej i łączności lokalnych opisał w numerze 1/1956 *Radioamatora* Paweł Gałczak SP7-013. Pierwszy stopień na lampie 6AK5 jest wzmacniaczem w.cz. zapewniającym zwiększenie czułości i separację detektora supereakcyjnego od anteny. Detektor supereakcyjny pracuje w układzie z samowygaszaniem na lampie RL12T1. Zamiast niej możliwe było użycie lamp typu LD1, 955 lub SD1A. Dławiki w obwodzie detektora (pierwszy na 145 MHz, drugi na częstotliwości nadakustycznej) tworzą wraz z blokującymi je kondensatorami filtr przepuszczający tylko częstotliwości słyszalne. Najkorzystniejszy punkt pracy jest ustawiany za pomocą potencjometru w obwodzie anodowym detektora. We wzmacniaczu m.cz. zastosowano poniemiecką lampę RV12P2000 w układzie triody.

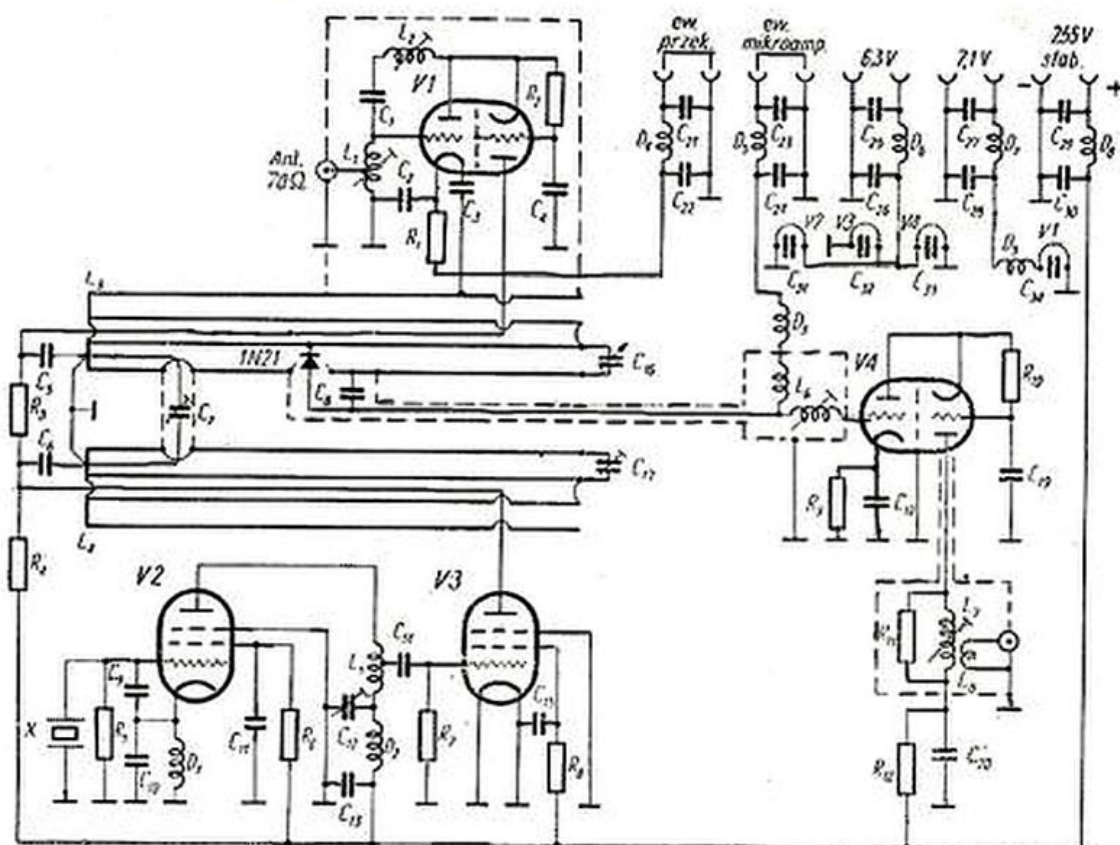


Rys. 3.3.4.1. Schemat ideowy odbiornika

We wzmacniaczu w.cz. użyto 3-zwojowej cewki z drutu posrebrzonego o średnicy 0,9 mm nawiniętego na średnicy 6 mm i długości 10 mm. Cewka detektora liczy również 3 zwoje, jest nawinięta drutem o średnicy 1,2 mm na średnicy 15 mm i długości 10 mm. Dławiki ćwierćfalowe nawinięto drutem

emaliowanym 0,3 mm, długość drutu wynosiła 46 cm, na pręciku pleksiglasowym o średnicy 4 mm, zwoj przy zwoju. Odbiornik pokrywa orientacyjnie zakres 135 – 152 MHz. Zmierzona przez konstruktora czułość wynosiła około 5 μ V.

3.3.5. Odbiornik DX-owy na 144 MHz



Rys. 3.3.5.1. Schemat ideowy konwertera UKF

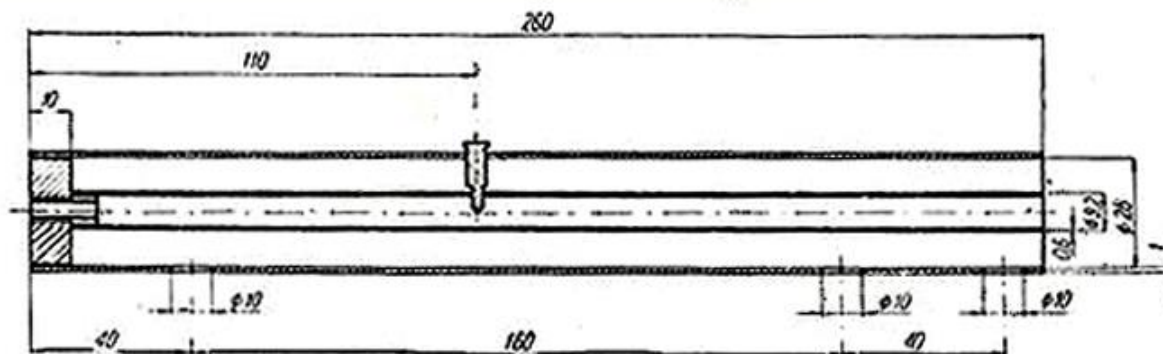
Opis rozbudowanego odbiornika z przemianą częstotliwości konstrukcji znanego i zasłużonego krótkofalowca Wojciecha Nietykszy SP5FM został opublikowany w numerze 11/1956 *Radioamatora*. Odbiornik składał się z dwóch członów. Pierwszy z nich zawierał wzmacniacz wstępny, mieszacz, oscylator (heterodynę) i wzmacniacz p.cz, a drugi z nich – dwie dalsze przemiany częstotliwości, detektor, generator dudnieniowy (BFO), filtr akustyczny, wzmacniacz m.cz. i zasilacz. Drugi człon był w zasadzie odbiornikiem krótkofalowym z podwójną przemianą częstotliwości pokrywającym zakres 14 – 16 MHz, a pierwszy był konwerterem do niego. Całość stanowiła superheterodynę z potrójną przemianą częstotliwości, w której pierwszy i trzeci oscylator były stabilizowane kwarcami. Krótkofalowcy dysponujący dobrymi i dobrze zaekranowanymi odbiornikami krótkofalowymi mogli tylko dobudować do nich opisany poniżej konwerter. Superheterodynowe odbiorniki na zakres 2 m były wówczas używane przez małą część ultrakrótkofalowców polskich.

Układ był przystosowany do odbioru telegrafii A1, telegrafii tonowanej A2 i fonii A3. Wzmacniacz wstępny pracuje w układzie galwanicznie sprzężonej kaskody na podwójnej triodzie typu PCC84 (V1) lub ECC84, ECC85, ECC88. Sygnał w.cz. z anteny jest doprowadzony kablem koncentrycznym o impedancji 70 Ω . Cewka L_1 wraz z pojemnością wejściową lampy stanowi obwód rezonansowy. Układ kaskody nie wymaga wprowadzenia neutralizacji, ale zastosowano ją dla zmniejszenia poziomu szumów własnych. Neutralizacja rezonansowa wykorzystuje cewkę L_2 tworzącą obwód rezonansowy z pojemnością siatka-anoda. Obciążeniem kaskody jest zwarty na końcu ćwierćfalowy obwód koncentryczny dostrajany w granicach pasma kondensatorkiem C_{16} . Duża oporność rezonansowa linii zapewnia duże wzmocnienie i eliminację ewentualnych sygnałów krótkofalowych przenikających do odbiornika. Jako mieszacz pracuje krzemowa dioda 1N21 wnosząca znacznie mniej szumów niż wielo-

elektrodowa lampa mieszająca. Dominującym źródłem szumów był w nich rozptyw prądu do poszczególnych siatek. Dla skompensowania strat w mieszaczu w pierwszym stopniu p.cz. zastosowano wzmacniacz kaskodowy na lampie V4.

Heterodyna pracuje na lampach V2 i V3 i dostarcza na wyjściu sygnału o częstotliwości 130 MHz. Do tej częstotliwości jest dostrojony obwód koncentryczny w anodzie V3 (L_3 z kondensatorem strojenowym C_{17}).

Obwody koncentryczne zostały wykonane z miedzianych rurek o wymiarach podanych na rysunku 3.3.5.2. Środkowa rurka jest nabita na czop mosiężny, którego wystająca połówka jest nagwintowana. Czop jest przewiercony na osi w celu przepuszczenia przewodu anodowego.



Rys. 2. Obwód koncentryczny L_3 . Obwód L_4 wykonany jest identycznie, nie posiada tylko otworu do umocowania diody krystalicznej

Rys. 3.3.5.2. Wymiary linii koncentrycznej

Elementy:

C_1, C_{14} – 33 pF, $C_2 - C_6, C_{11}, C_{13}, C_{15}, C_{31}$ – 1 nF, C_{22}, C_{33} – trymery kubkowe Philipsa 30 pF, C_8 – 50 pF, C_9 – 10 pF, C_{10} – 30 pF, C_{12}, C_{17} – trymer pow. 30 pF, C_{16} – 15 pF, pow. zmienny, pozostałe 2 nF. Kondensatory stałe mikowe lub ceramiczne.

Dławiki $D_1, D_3, D_4, D_5, D_7, D_8$ mało krytyczne dławiki krótkofalowe, D_2, D_6 – dławiki ćwierćfalowe, pierwszy dla 130 MHz, drugi dla 145 MHz.

L_1 – 6 zwojów drutem srebrzonym 2 mm na średnicy 10 mm z rdzeniem wkręcany, L_2 – 9 zwojów drutem srebrzonym 1 mm na karkasie ceramicznym 10 mm z wkręcany rdzeniem. L_3, L_4 – obwody koncentryczne, L_5 – 8 zwojów drutem srebrzonym 1,2 mm na średnicy 12 mm, L_6 – 36 zwojów DNE 0,4 mm, zwój koło zwoju na karkasie 13 mm z wkręcany rdzeniem, L_7 – 21 zwojów DNE 0,4 mm na karkasie 20 mm z wkręcany rdzeniem, L_8 – 2 zw. drutem 1 mm w igielicie od strony zimnego końca L_2 .

R_1 – 100 Ω , $R_2, R_5, R_8, R_{10}, R_{11}$ – 47 k Ω , R_3 – 4,7 k Ω , R_6 – 33 k Ω , R_7 – 100 k Ω , R_9 – 150 Ω .

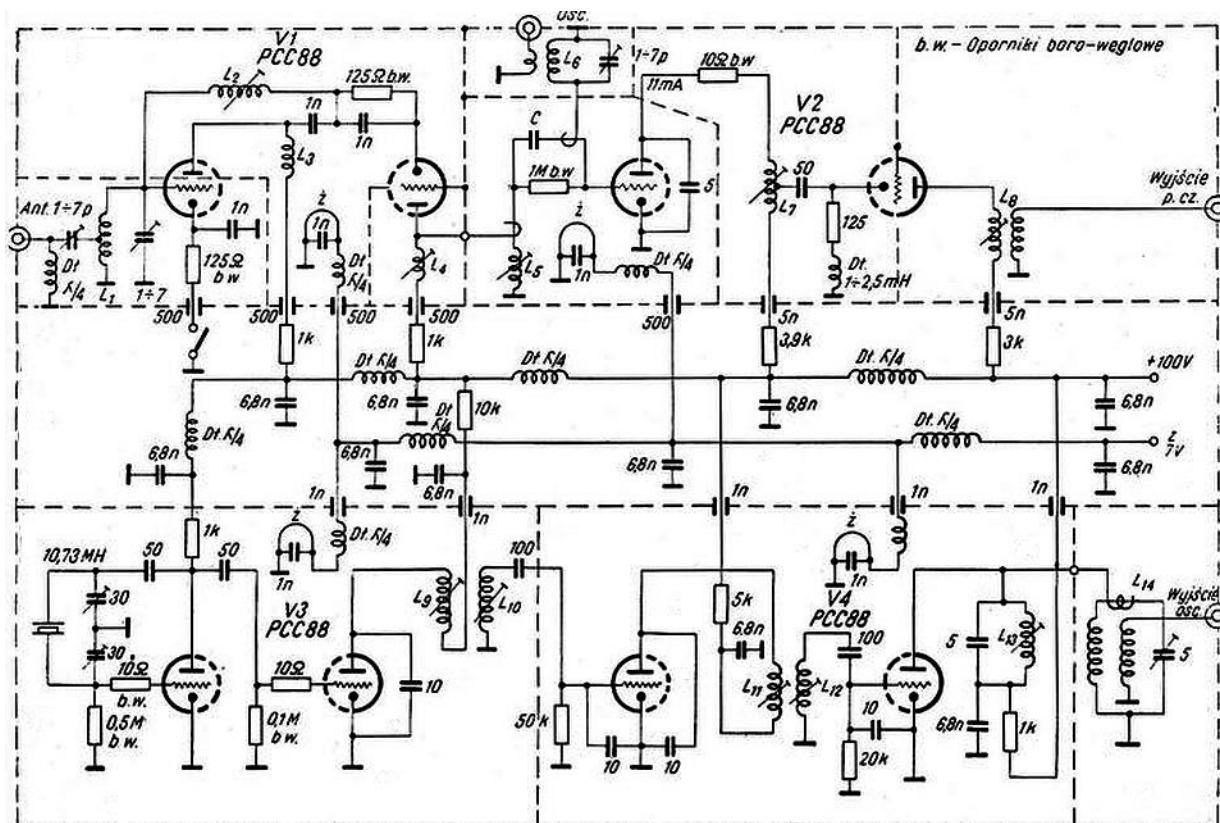
V1 – PCC84 lub podane odpowiedniki, V2 – 6BH6, V3 – 6AG5, V4 – ECC85. Kwarce 26 MHz.

3.3.6. Niskoszumny konwerter na pasmo 144 MHz

Opis niskoszumnego konwertera na pasmo 144 MHz konstrukcji jednego z czołowych ultrakrótkofalowców polskich Wiktora Chojnackiego SP5QU pochodzi z numeru 6/1962 *Radioamatora*²⁹.

²⁹ Wiktor Chojnacki SP5QU zaczął się interesować krótkofalarstwem jeszcze w czasie okupacji. Po wojnie ukończył Technikum Mechaniczno-Teletechniczne przy Zakładach Radiowych im. Kasprzaka w Warszawie. W latach 1950–1958 był członkiem Warszawskiego Radioklubu Ligi Przyjaciół Żołnierza i prowadził w nim pierwsze łączności na klubowej stacji SP5KAB. Egzamin na licencję zdał w 1951 roku, ale licencję uzyskał w 1958 r. Po reaktywacji PZK był jego członkiem i współzałożycielem Warszawskiego Klubu Krótkofalowców (WKK). Od lat 1960-tych publikował w „Radioamatorze i Krótkofalowcu” a następnie był również redaktorem działu UKF w „Biuletynie Krótkofalarskim” wydawanym przez WKK. Wraz z bratem Andrzejem wniósł duży wkład w wyposażenie Górskiego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego w radiostację. Wspólnie z Wojciechem Netykszą SP5FM uczestniczyli w budowie radiotelefonów „Klimek” i „Wawa”. Aktywnie pracował na paśmie 144 MHz uczestnicząc również

Niski poziom szumów uzyskany dzięki zastosowaniu kaskody w pierwszym stopniu pozwalał na odbiór stosunkowo słabych sygnałów docierających do odbiornika za pośrednictwem rozproszenia troposferycznego co wyraźnie zwiększało uzyskiwane zasięgi. We wzmacniaczu wstępnym i pozostałych stopniach można było stosować triody typów ECC88, PCC88 lub szczególnie niskoszumną E88CC. W lampach wieloelektrodowych jednym z silniejszych źródeł szumów wewnętrznych był rozptyw prądu anodowego do siatek. Mimo większego wzmocnienia niż triody w stopniach początkowych stosowano z tego powodu jednak triody i to nie tylko we wzmacniaczach wstępnym ale również w mieszaczach. Dla uzyskania możliwie niskich szumów i większego wzmocnienia często stosowane były wzmacniacze w układzie kaskody.



Rys. 3.3.6.1. Schemat ideowy konwertera

Kaskoda w wykonaniu lampowym była szeregowym połączeniem wzmacniacza z uziemioną katodą ze wzmacniaczem z uziemioną siatką³⁰. Wzmocnienie kaskody było w przybliżeniu równe wzmocnieniu pentody (a więc większe niż dla triody). Obliczano je mnożąc nachylenie charakterystyki pierwszej triody przez oporność obciążenia drugiej. Szumy drugiego stopnia kaskody są minimalne, gdyż jej katoda widzi bardo dużą oporność wewnętrzną pierwszej triody dlatego też wypadkowe szumy są wnoszone praktycznie tylko przez pierwszą triodę. Obciążenie pierwszej triody przez niską oporność wejściową drugiej triody powoduje, że wzmocnienie pierwszej jest niskie, zbliżone do jedności i pracuje

w zawodach. Miał na swoim koncie wiele łączności DX-owych. Pełnił wiele funkcji w Zarządzie Oddziału Warszawskiego. Był autorem wielu artykułów oraz książek o tematyce krótkofalarskiej, m.in. *Układy nadawcze i odbiorcze dla krótkofalowców* (WKiŁ 1979).

³⁰ W układach tranzystorowych jest to połączenie stopnia ze wspólnym emiterem i stopnia ze wspólną bazą dla tranzystorów złączowych albo odpowiednio ze wspólnym źródłem i ze wspólną bramką dla – polowych. Scaloną kaskodą są polowe tranzystory dwubramkowe (z izolowaną bramką). Kaskoda łączy w sobie zaletę wysokiego wzmocnienia napięciowego (w przybliżeniu równego iloczynowi współczynników wzmocnienia obu wchodzących w jego skład lamp lub tranzystorów) ze znaczną redukcją niekorzystnej cechy wzmacniaczy ze wspólną katodą (emiterem, źródłem) – dużych pojemności pasożytniczych – poprzez zmniejszenie tzw. efektu Millera, pogarszającego parametry wzmacniacza przy wyższych częstotliwościach.

Kaskoda jest chętnie stosowana we wzmacniaczach wysokiej częstotliwości i szerokopasmowych.

ona stabilnie. Zasadniczo neutralizacja nie jest konieczna, ale jest wskazana gdyż powoduje obniżenie współczynnika szumów.

Dzięki zastosowaniu triody poziom szumów własnych był jednak niższy niż w przypadku pentody. Dlatego zdobyła sobie ona dużą popularność w układach ultrakrótkofalowych. Lampy stosowane w stopniach kaskodowych powinny być mieć możliwie duże nachylenie charakterystyki, małe pojemności międzyelektrodowe i małe indukcyjności doprowadzeń. Dla podanych powyżej typów lamp nachylenie charakterystyki wynosiło około 12,5 mA/V. Oprócz wymienionych typów lamp do układów kaskodowych przeznaczone były lampy ECC84 (PCC84) i ECC85 (PCC85). Lampy z serii E były zasilane napięciem 6,3 V, natomiast P – były przeznaczone do zasilania szeregowego prądem 300 mA i były powszechnie stosowane w telewizorach. Pozwalało to na rezygnację z transformatora sieciowego.

Jest ona również obecnie stosowana we wzmacniaczach tranzystorowych i to zarówno opartych na tranzystorach złączowych jak i polowych. Szczególnym przypadkiem (scalonej w jednym elemencie) kaskody są polowe tranzystory dwubramkowe³¹.

Pierwszym stopniem konwertera jest wzmacniacz w układzie kaskody o zasilaniu równoległym. Na wejściu antenowym znajduje się dławik ćwierćfalowy zwierający do masy sygnały o częstotliwości pośredniej, która leżała w zakresie 15,2 – 17,2 MHz. Sygnał z anteny przedostawał się przez trymer 1 – 7 pF na odczep cewki L_1 . Umieszczenie odczepu i pojemność trymera wywierały duży wpływ na poziom szumów konwertera. L_2 była cewką neutralizującą kaskodę. Obciążenie dla całości kaskody stanowiła cewka L_4 , skąd sygnał był podawany na obwód mieszacza – na cewkę L_5 przez małą pojemność powstałą przez nawinięcie jednego zwoju izolowanego przewodu połączonego z anodą drugiej triody kaskody na doprowadzeniu cewki L_5 . Pojemność dobierana była tak, aby uzyskać jeden rezonans na 145 MHz i drugi na częstotliwości pośredniej przy stałej indukcyjności L_5 .

W anodzie mieszacza znajduje się obwód L_7 dostrojony do częstotliwości pośredniej. Z odczepu na 1/3 ilości zwojów od strony zimnego końca przez kondensator 50 pF napięcie p.c.z. steruje wzmacniacz z uziemioną siatką na drugiej triodzie lampy mieszacza. Napięcie z szerokopasmowego obwodu L_8 jest podawane przez pętlę sprzęgającą na gniazdko wyjściowe.

Heterodyna na V3 była stabilizowana kwarcem pracującym na 10,73 MHz, a druga jej połówka pracowała jako potrajacz na 32,2 MHz. Obie triody lampy V4 pracują jako podwajacze częstotliwości. Obwód L_{13} w anodzie ostatniej lampy jest dostrojony do częstotliwości wyjściowej 128,8 MHz. Jest on sprzężony z obwodem L_{14} za pomocą nawiniętej pojemności sprzęgającej. Obwody L_{14} i L_6 musiały mieć dużą dobroć. Były one nawinięte powietrznie drutem posrebrzonym.

3.3.7. Odbiornik do radiopelengacji amatorskiej

Opis prostego odbiornika na pasmo 144 MHz do radiopelengacji amatorskiej („Łowów na lisa”) pochodzi z numeru 9/1960 *Radioamatora*³². Autorem był Jerzy Stanek SP3-662. Układ łączy w sobie ele-

³¹ Innym rodzajem wzmacniacza złożonego z dwóch elementów wzmacniających jest katodyna. Jest to lampowa konfiguracja wzmacniaczy dwustopniowych, w których stopień pierwszy pracuje w układzie wtórnika katodowego (czyli wspólnej anody), a drugi w układzie wspólnej siatki.

Pierwszy stopień na wtórniku katodowym charakteryzuje się wysoką impedancją wejściową, czyli cechą bardzo korzystną ze względu na współpracę z różnymi źródłami sygnału. Drugi stopień ma wysokie wzmocnienie, a charakterystyczna dla układów ze wspólną siatką mała impedancja wejściowa nie obciąża źródła sygnału, gdyż stopień ten sterowany jest z wtórnika katodowego, zdolnego do sterowania obciążeniami o niskiej impedancji.

Wykorzystując taką konfigurację uzyskuje się bardzo dobrą separację wejścia wzmacniacza od jego wyjścia przy wysokim wzmocnieniu napięciowym i niskich zniekształceniach nieliniowych. Cechą charakterystyczną układu z katodyną jest to, że sygnał wejściowy i wyjściowy są w tej samej fazie. Wadą tego układu jest wysoka impedancja wyjściowa, w związku z czym najczęściej nie nadaje się on do bezpośredniego sterowania obciążeniem, a wymusza zastosowania za nim kolejnego stopnia wzmacniającego. W technice półprzewodnikowej konfiguracja taka jest często spotykana we wzmacniaczach scalonych.

³² Pomysł konkurencji radiopelengacji (radiolokacji, radiomamierzania) amatorskiej zwanej również „łowami na lisa” pochodzi jeszcze z czasów przedwojennych – z lat 20-tych XX wieku. Jeszcze na początku lat 60-tych XX wieku ukryte nadajniki czyli lisy pracowały emisjami A3 i A2. Od czasów

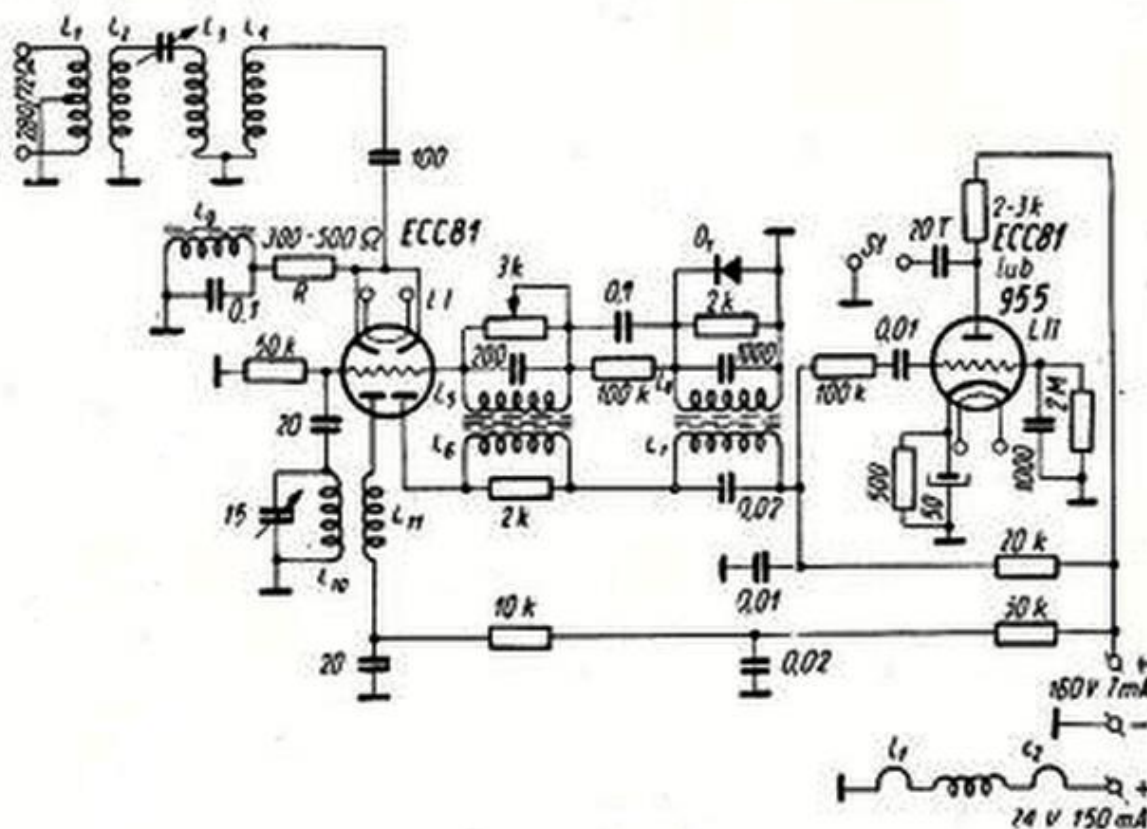
menty odbiornika superheterodynowego i superreakcyjnego. Czułość wynosiła $15 \mu\text{V}$, a dodanie stopnia wzmacniacza w.cz. podwyższyło ją 5 – 10-krotnie. Jedna połowa lampy ECC81 pełni rolę mieszacza samodrgającego (czyli mieszacza i heterodyny), a druga wzmacniacza sygnałów p.cz., detektora i automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW). Stopień pracuje w układzie detektora superreakcyjnego na częstotliwości 3 MHz, z częstotliwością wygaszania 25 kHz zależną od indukcyjności L_7 .

Strojenie oscylatora (heterodyny) odbywa się za pomocą kondensatora strojeniowego o maksymalnej pojemności 15 pF. Cewka sprzężenia zwrotnego L_{11} jest nawinięta na wspólnym karkasie (cylinderku) z cewką obwodu siatkowego L_{10} . Sygnał z anteny jest doprowadzony do obwodu katody ECC81.

W celu obniżenia dobroci obwodu cewka L_5 jest zabocznikowana za pomocą potencjometru R_3 o wartości $3 \text{ k}\Omega$ pełniącego rolę regulatora siły głosu.

Dzięki wprowadzeniu w obwód siatki elementów RC ($100 \text{ k}\Omega$ i $0,1 \mu\text{F}$) uzyskuje się przy wzrastającym napięciu wejściowym automatyczne ujemne przedpięcie na siatce, które obniża amplitudę drgań. Dławik w obwodzie katody lampy ECC81 o indukcyjności około 3 H służy do stworzenia ujemnego sprzężenia w zakresie małych częstotliwości i zapobiega powstawaniu drgań relaksacyjnych.

Wszystkie cewki na pasmo 144 MHz były nawinięte powietrznie, bez karkasu przewodem srebrzonym 1 mm. L_1 i L_{11} mają po dwa zwoje, L_{10} – 3 zwoje, L_2 , L_3 , L_4 – po 4 zwoje. Cewki pośredniej częstotliwości były nawinięte na rdzeniach kubkowych, L_{15} – $12,5 \mu\text{H}$, L_6 – $50 \mu\text{H}$, L_7 i L_8 po 2 mH. Dławik L_9 miał indukcyjność ok. 3 H.



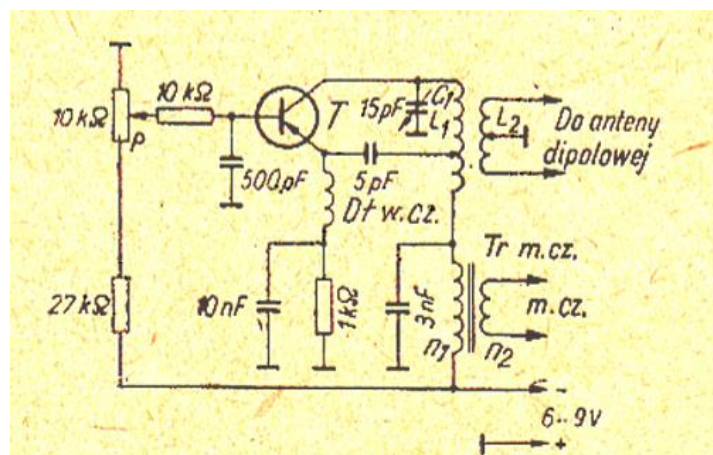
Rys. 3.3.7.1. Schemat ideowy odbiornika radiopelengacyjnego

powojennych zawody odbywały się w pasmach 80 m i 2 m, wyjątkowo także 15 m. Najnowszą odmianą jest tzw. *Foxoring* – poszukiwanie nadajników o bardzo małym zasięgu. Nadajniki pracują przeważnie w paśmie 80 m lub 2 m, a w konkurencjach traktowanych bardziej zabawowo także w paśmie 70 cm.

4. Półprzewodnikowe konstrukcje UKF

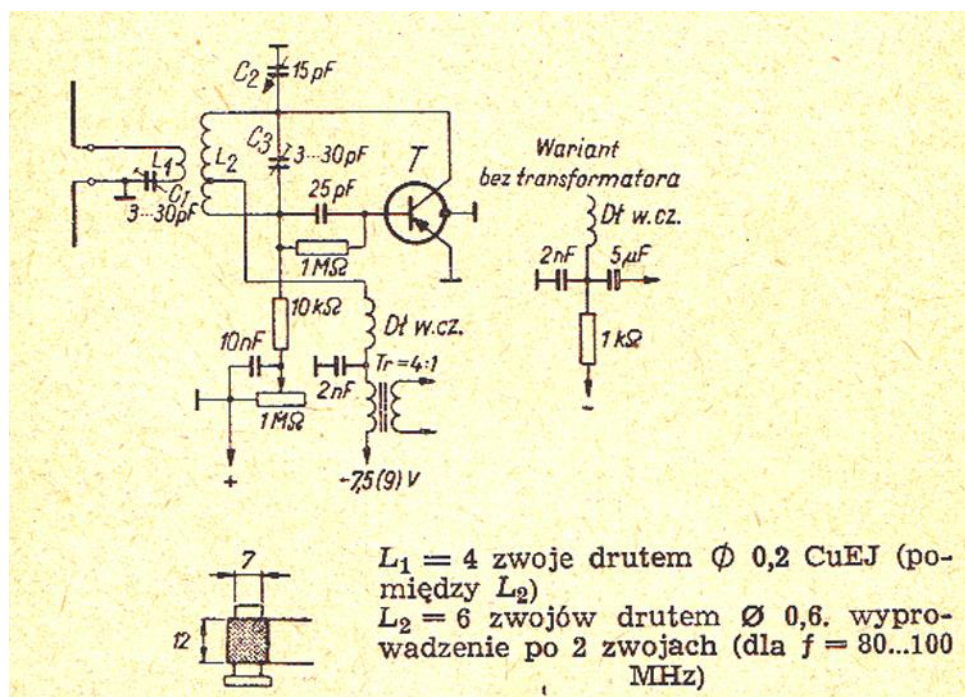
4.1. Układy superreakcyjne

W [4] przedstawiony jest prosty układ tranzystorowego odbiornika superreakcyjnego na pasmo 144 MHz, przewidzianego zdaniem autorów dla początkujących radioamatorów. W oryginalnym rozwiązaniu zastosowano tranzystor mesa typu AF106, ale można było w nim użyć AF116, OC171, AF114, AF124, ich odpowiedników lub innych tranzystorów w.cz. o wyższej częstotliwości granicznej. Konstrukcja pochodzi z lat 1960-tych. W tym czasie ceny tranzystorów w Polsce były zresztą również dosyć wysokie jak na kieszenie osób prywatnych.



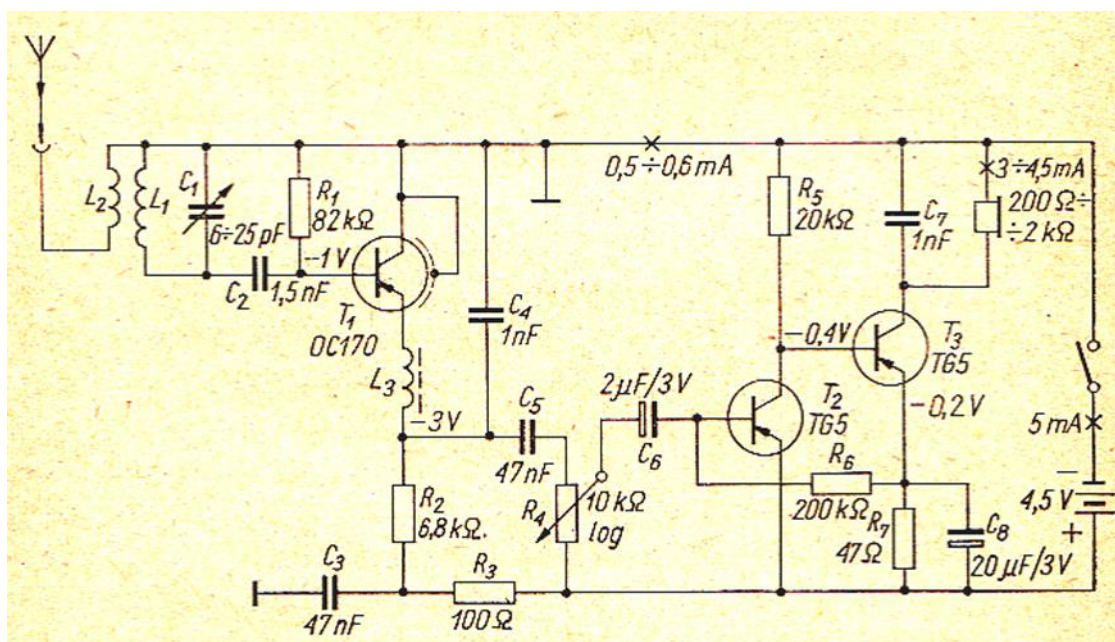
Rys. 4.1.1. Schemat ideowy odbiornika superreakcyjnego na pasmo 144 MHz

Sygnał zdemodulowany jest pobierany z uzwojenia wtórnego transformatora m.cz. o przekładni 4:1 znajdującego się w obwodzie kolektora. Poziom sprzężenia zwrotnego jest ustawiany za pomocą potencjometru P. Dławik w.cz. ma 30 – 40 zwojów nawiniętych przewodem o średnicy 1 – 1,5 mm, podczas gdy cewka L_1 ma 5 zwojów nawiniętych przewodem 1,0 mm Cu(E) na średnicy 6 mm. Odczep znajdował się na 1 zwoju od dolnego końca. Cewka antenowa składała się z 2 x 2 zwojów przewodu 0,5 mm i była nawinięta obok lub na L_1 .



Rys. 4.1.2. Odbiornik superreakcyjny na pasmo radiofoniczne

Na schemacie 4.1.2. przedstawiony jest odbiornik superreakcyjny pokrywający zakres radiofoniczny 80 – 100 MHz [4]. Zamiast transformatora m.cz. o przekładni 4:1 można było zastosować układ RC do wyodrębniania sygnału małej częstotliwości. Zamiast dławika w.cz. można było zastosować opornik 100 – 300 Ω . Dławik można było wykonać przez nawinięcie 30 zwojów przewodu 0,3 mm CuL lub CuLS na rdzeniu o średnicy 4 mm. Mogły w nim pracować tranzystory AF106 lub inne podane wyżej. Cewka L_1 miała 4 zwoje przewodu 0,2 mm CuEJ i była nawinięta pomiędzy zwojami cewki L_2 , L_2 miała 6 zwojów przewodu 0,6 mm z odczepem po 2 zwojach (dla zakresu 80 – 100 MHz). Zalecane było ekranowanie odbiornika.



Rys. 4.1.3. Schemat miniodbiornika superreakcyjnego na zakres UKF [5]

W poz. [5] przedstawiony jest układ bardziej rozbudowanego odbiornika superreakcyjnego na pasmo radiofoniczne 66 – 100 MHz (obejmujący pasmo OIRT stosowane wówczas w Polsce i pasmo górne CCIR używane w krajach zachodnich). Przy zasilaniu z baterii 4,5 V pobierał on prąd 5 mA. Stopień superreakcyjny zapewnia wysoką czułość, a do detekcji FM jest on dostrojony tak, aby sygnał wypadł na zboczach krzywej rezonansu. Detekcja otrzymanego sygnału zmodulowanego amplitudowo zachodzi na złączu baza-kolektor tranzystora T_1 . Wzmacniacz m.cz. pracuje z bezpośrednio sprzężonymi tranzystorami T_2 i T_3 . Obwód rezonansowy składał się z cewki L_1 i powietrznego kondensatora obrotowego C_1 (o pojemności maksymalnej 25 pF). Antena jest z nim sprzężona indukcyjnie za pomocą cewki L_2 . Tranzystor T_1 pracuje w układzie superreakcyjnym z wygaszaniem własnym, a o częstotliwości wygaszania decyduje stała czasowa R_1 i C_2 . Prąd emitera T_1 zawiera składową m.cz. odpowiadającą modulacji stacji. Elementy L_3 i C_4 stanowią filtr w.cz. sprzężony z regulatorem siły dźwięku R_4 za pomocą kondensatora C_5 . Wzmacniacz m.cz. jest objęty sprzężeniem zwrotnym przez dwa stopnie za pomocą elementów R_6 , R_7 i C_8 . Obciążeniem tranzystora stopnia końcowego T_3 jest słuchawka o oporności 200 Ω – 2 k Ω .

Cewka obwodu strojonego L_1 dla pasma 66 – 100 MHz zawiera 4 zwoje przewodu miedzianego posrebrzonego o średnicy 1 mm. Średnica zewnętrzna cewki wynosi 10 mm, długość 8 mm, a indukcyjność własna 012 μ H. Cewka sprzęgająca L_2 jest umieszczona nad cewką L_1 od strony kondensatora C_2 . Zawiera ona 2 zwoje, a jej rozmiary zewnętrzne i przewód są identyczne jak dla L_1 . Odległość między L_1 i L_2 należało dobrać eksperymentalnie podczas odbioru dla uzyskania najlepszych wyników. Dławik w.cz. L_3 zawiera 60 zwojów przewodu DNE 0,1 – 0,2 mm, które nawija się w jednej warstwie zwój przy zwoju na korpusie izolacyjnym o średnicy 5 mm nasuniętym na rdzeń ferrytowy. Długość cewki dławika wynosi około 100 mm, a jego indukcyjność własna 30 μ H.

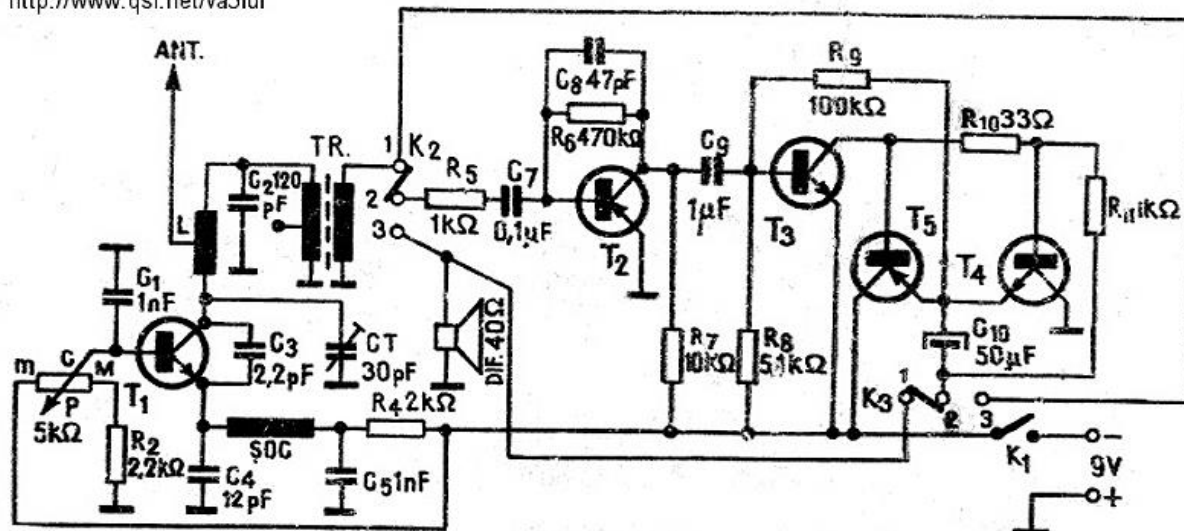
Anteną zewnętrzną mogła być antena teleskopowa albo zwykła wykonana z drutu miedzianego lub aluminiowego o średnicy 3 – 5 mm. Dla pasma 66 – 100 MHz powinna być mieć długość około 1 m.

Tranzystor T_1 był typu OC170, tranzystory m.cz. T_2 i T_3 – typu TG5. Były to wszystko tranzystory germanowe. T_1 można było zastąpić przez polskie TG40, AF516 lub radziecki P403A, T_2 przez dowolny TG2 – TG5, OC70, OC71. Słuchawka magnetyczna miniaturowa była typu SM250.

Kondensator C_1 można było zastąpić przez dostrojczy powietrzny lub ceramiczny o zbliżonej pojemności.

Wartości oporników R_1 i R_7 należało w trakcie uruchamiania dobrać tak, aby tranzystory T_1 i T_3 pracowały z prądem kolektora o wartości podanej na schemacie.

<http://www.qsl.net/va3iul>



Rys. 4.1.4. Schemat radiostacji na pasmo 2 m z jednostopniowym nadajnikiem i detektorem superreakcyjnym na tranzystorze T_1 . T_2 – T_5 pracują jako wzmacniacz modulacyjny nadajnika względnie jako wzmacniacz m.cz. odbiornika

4.2. Nadajniki amatorskie

4.2.1. Generator kwarcowy 144 MHz na jednym tranzystorze

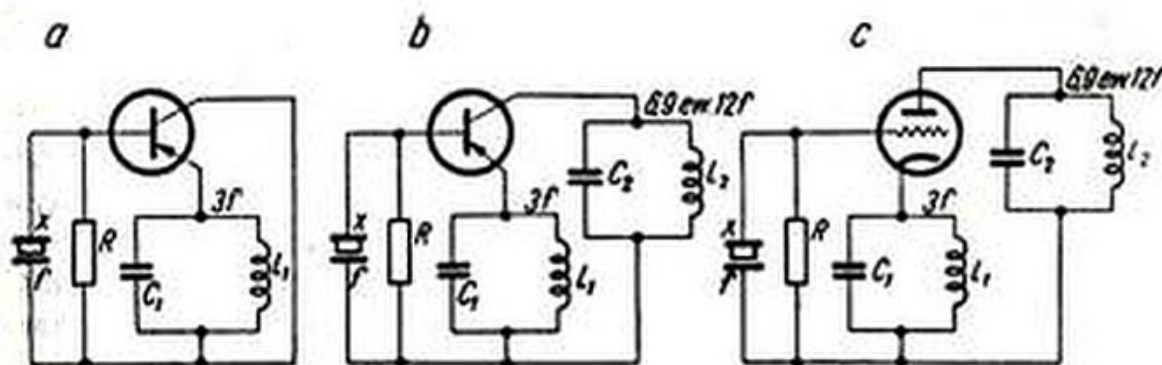
Opis generatora konstrukcji Wojciecha Nietykszy SP5FM pochodzi z numeru 12/1964 *Radioamatora*. Jest to układ synchronizowany (wielokrotnościowo-harmoniczny zwany też owertonowo-harmonicznym) opracowany przez Jonesa W6AJF. Pojedynczy tranzystor lub trioda spełnia w nim rolę generatora pracującego na wielokrotności częstotliwości kwarcu i powielacza i może dostarczyć na wyjściu 6-, 9- lub 12-krotną częstotliwość kwarcu. Układ jest nieskomplikowany i oprócz tranzystora i kwarcu zawiera dwa oporniki i dwa obwody strojone. W układzie stosowanym m.in. w heterodynie odbiornika lub konwerterana pasmo 2 m użyty był tranzystor OC171.

Wyjściem do utworzenia generatora był oscylator z rysunku 4.2.1.1a. Dla uproszczenia na schemacie pominięto obwód zasilania prądem stałym. Tranzystor oscyluje na trzeciej wielokrotności (owertonie) częstotliwości kwarcu włączonego jako szeregowy rezonansowy obwód sprzęgający między kolektor i bazę. Obwód w emiterze jest nastrojony tak, aby dla częstotliwości wielokrotności przedstawiał oporność pojemnościową, a dla podstawowej – indukcyjną. Zapobiega on wzbudzeniu się kwarcu na częstotliwości podstawowej i jednocześnie stwarzał warunki do wzbudzenia się na wielokrotności.

Prąd takiego oscylatora identycznie jak każdego wzmacniacza klasy C jest bogaty w harmoniczne. Wprowadzenie dodatkowego obwodu dostrojonego do jednej z nich pozwala na powielanie częstotliwości w tym samym stopniu. W opisywanym układzie obwód L_2C_2 w doprowadzeniu kolektora na rysunku b jest nastrojony na drugą lub trzecią harmoniczną wielokrotności częstotliwości kwarcu.

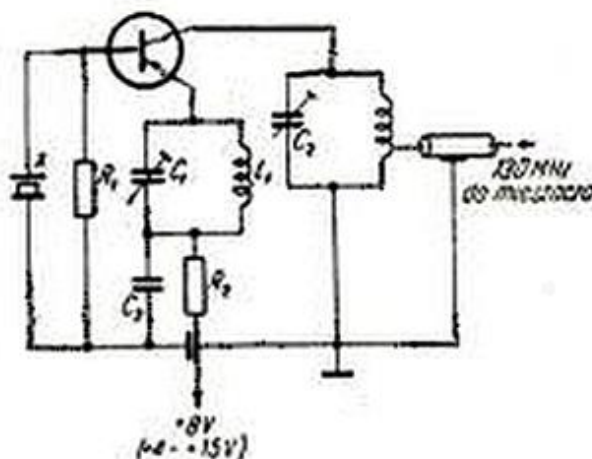
Obwód wyjściowy L_2C_2 musi posiadać dużą dobroć roboczą (pod obciążeniem), aby dla częstotliwości owertonowej przedstawiał sobą praktycznie zwarcie. W układach tranzystorowych – w związku z ich niewielkimi impedancjami – taką dużą dobroć roboczą można było uzyskać stosując obwód o małym stosunku LC. Na rysunku drugim (4.2.1.2) pokazany jest wypróbowany układ takiego oscylatora z tranzystorem europejskim – OC171. Tranzystory OC170 pracowały niewiele gorzej. Dobrze spisy-

wały się też tranzystory OC169, mimo że oficjalnie miały one najniższą częstotliwość graniczną. Produkowane obecnie nowoczesne tranzystory w.cz. powinny się również dobrze sprawować.



Rys. 1. Układ poglądowy generatora owertonowo-harmonicznego
a — układ wyjściowy, b — generator z tranzystorem, c — generator z triodą. Dla przejrzystości pominięto zasilanie prądem stałym

Rys. 4.2.1.1. Zasada konstrukcji generatora. W generatorze można było użyć również triody lampowej lub pentody w układzie triodowym



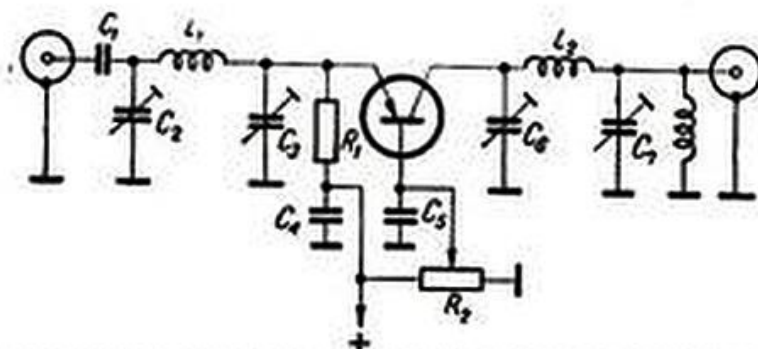
Rys. 2. Praktyczny układ oscylatora owertonowo-harmonicznego na 130 MHz (w nawiasie wartości drugiego układu na 144 MHz).

X — kwarc 14,48 MHz (16,63 MHz);
R₁ — 180 k/0,1 W; R₂ — 390+820Ω/0,1 W;
C₁, C₂ — trymery powietrzne 30 pF;
C₃ — 3 nF; L₁ — cewka obwodu na ok. 37 MHz (44 MHz); L₂ — cewka obwodu na 130 MHz (144 MHz); tranzystor OC171 (ew. AF114, AF115, OC170)

Rys. 4.2.1.2. Schemat ideowy generatora

W układzie heterodyny zastosowano kwarc o częstotliwości podstawowej 14,48 MHz drgał na 43,333 MHz, a na wyjściu heterodyny otrzymano 130 MHz. Napięcie szczytowe bez obciążenia wynosiło 6 V. Obwód emiterowy był nastrojony na 25 MHz. W generatorze wypróbowano kwarcie owertonowe o częstotliwościach podstawowych 6 – 15 MHz.

Podobny oscylator był użyty w trakcie pierwszej łączności zamiejscowej na trasie Komorów – Warszawa z SP5QU. Odległość między stacjami wynosiła około 20 km.



Rys. 3. Tranzystorowy wzmacniacz UKF, który może być użyty jako nadawczy lub odbiorczy. Wartości elementów, użytych w modelu pracującym na 145 MHz.

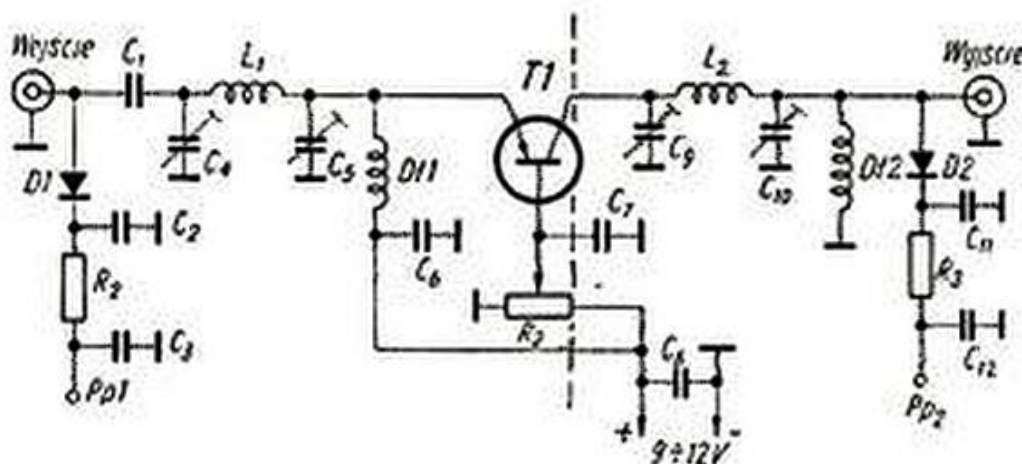
C_1, C_4, C_5 — 1 nF; C_2, C_3 — 30 pF pow.; C_6 — 20 pF pow.; C_7 — 30 pF pow.; R_1 — 510 Ω drutowy o dobranej indukcyjności (może być dławik 0,25 λ szeregowo z opornikiem); R_2 — 47 k; L_1, L_2 — cewki obwodów na 145 MHz; tranzystor OC171V (lub podobny ew. lepszy tranzystor UKF)

Rys. 4.2.1.3. Tranzystorowy wzmacniacz odbiorczy lub nadawczy UKF

Dodatkowy wzmacniacz z rysunku 4.2.1.3 pozwala na zwiększenie mocy mikronadajnika z generatorem Jonesa.

4.3. Odbiorniki amatorskie

4.3.1. Przedwzmacniacz tranzystorowy SP5QU



Rys. 1. Schemat ideowy przedwzmacniacza

R_1, R_2 — oporniki 22 k Ω /0,1 W; R_3 — potencjometr montażowy 50 k Ω ; C_1 — C_2 , C_6 — C_7 , C_{11} , C_{12} — kondensatory tytanianowe 1 nF; C_3 , C_4 , C_5 , C_8 , C_9 , C_{10} — trymery 3÷30 pF lub 3÷30 pF powietrzne lub ceram. wkręcane (współosiłowe); D_1, D_2 — diody germ. DOG58 lub podobne; $D11, D12$ — dławiki cewkowe; $T1$ — tranzystor AF114, AF115 OC171V, OC171M lub podobny; L_1 — cewka dla pasma 144 MHz — 4 zw. drutu $\varnothing$ 1 mm Cu ag. powietrzna, średn. 8 mm, dług. nawinięcia ok. 12 mm; L_2 — cewka dla pasma 144 MHz — 5 zw. drutu $\varnothing$ 1 mm Cu ag. powietrzna, średn. 8 mm, dług. nawinięcia ok. 15 mm; P_{p1}, P_{p2} — punkty pomiarowe (mikroamperomierz 100 μ A włączany pomiędzy dany punkt i masę).

Rys. 4.3.1.1. Schemat ideowy wzmacniacza

Skonstruowany przez Wiktora Chojnackiego SP5QU i Wojciecha Nietykszę SP5FM przedwzmacniacz na pasmo 144 MHz został opisany w numerze 11/1964 *Radioamatora*. Był on przewidziany do zastosowania

wania w odbiorniku amatorskim albo w odbiorniku telewizyjnym pracującym na granicy zasięgu. Mógł on służyć także jako stopień wstępny konwertera na pasmo 2 m albo jako stopień końcowy nadajnika małej mocy na to pasmo.

Tranzystor dyfuzyjny AF114 pracował w układzie ze wspólną bazą. Na jego wejściu i wyjściu znajdowały się obwody typu Pi pozwalające na dopasowanie impedancji w szerokim zakresie. Emiter tranzystora jest zasilany przez dławik ćwierćfalowy (dla 144 MHz mógł to być typowy wtedy opornik drutowy $40 \Omega/1 \text{ W}$). Ustawienie potencjometru R_2 zmienia punkt pracy tranzystora i wpływa jednocześnie na poziom szumów wzmacniacza.

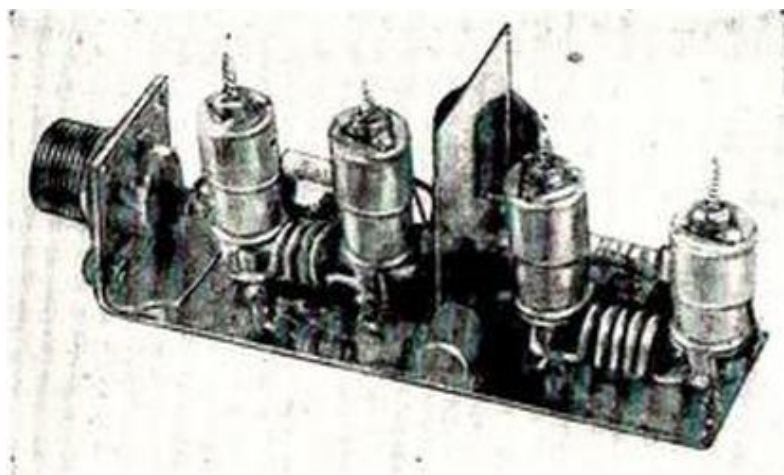
Zasilanie kolektora odbywa się poprzez dławik ćwierćfalowy wykonany z odcinka drutu ok. 0,5 m (dla pasma 144 – 146 MHz) DNE 0,3 mm i zabezpieczonego przed rozwinięciem klejem polistyrenowym.

Na wejściu i wyjściu wzmacniacza znajdują się układy pomiarowe złożone z diod DOG58³³, oporników $22 \text{ k}\Omega/0,1 \text{ W}$ oraz kondensatorów tytanianowych 1 nF. Do punktów Pp1 i Pp2 dołączany był mikroamperomierz. Punkty te są zbyteczne gdy wzmacniacz jest wykorzystywany jako przedwzmacniacz do telewizora albo odbiornika UKF. Przy wykorzystaniu jako stopień nadajnika ułatwiają natomiast dopasowanie układu do poprzedniego stopnia i do anteny.

Właściwą polaryzację bazy uzyskuje się ustawiając potencjometr $50 \text{ k}\Omega$ w takim położeniu aby prąd pobierany przez wzmacniacz nie przekraczał 2,5 – 4 mA.

Wzmacniacz można było także wykorzystać jako układ pomiarowy do badania tranzystorów montując go na podstawce od lampy subminiaturowej i podając na wejście sygnał z generatora w.cz. na pożądaną częstotliwość pracy. Wyjście było obciążone opornikiem borowęgłowym $70 \Omega/0,1 \text{ W}$. Za pomocą mikroamperomierza podłączonego do punktów pomiarowym 1 i 2 można było obliczyć wzmocnienie tranzystora na tej częstotliwości i ocenić jego przydatność.

Przedwzmacniacz był sprawdzany i eksploatowany przez autora z tranzystorami AF114, AF115, OC171V, OC171M i OC170. Najlepsze wyniki dały tranzystory AF114 i OC171V. Wzmocnienie w paśmie 144 – 146 MHz wynosiło 6 – 9 razy, a czułość graniczna 5 kTo. Tranzystory OC171M i AF115 dawały wzmocnienie 3 – 5 razy, a OC170 – 2 razy. Z serii tranzystorów OC171, OC170 i OC169 najwyższe częstotliwości graniczne miały tranzystory OC171 i były one dodatkowo selekcjonowane pod względem szumów na przeznaczone do wzmacniaczy wstępnych (OC171V) i do mieszaczy (OC171M), OC170 mogły pracować na falach krótkich, a OC169 we wzmacniaczach p.cz. Przedwzmacniacz dołączony do wyjścia miniaturowego nadajnika o mocy 5 mW dostarczał około 25 – 30 mW, a przy odbiorze dawał jego znaczną poprawę. Przy długiej linii antenowej należało przedwzmacniacz włączyć na zaciskach anteny, a nie na wejściu odbiornika – na końcu linii.



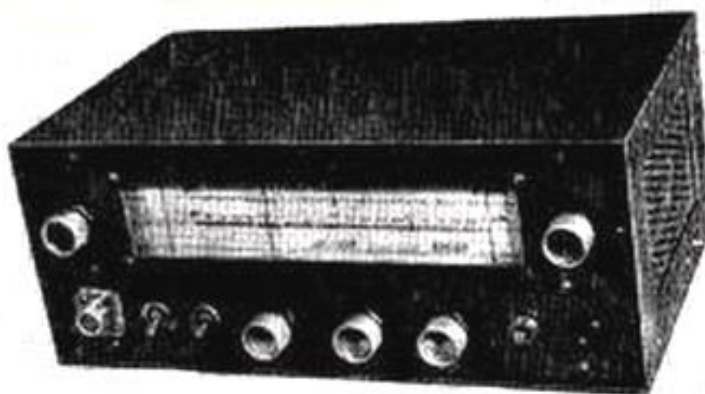
Rys. 2. Wygląd modelu przedwzmacniacza

Rys. 4.3.1.2. Widok zmontowanego przedwzmacniacza. Zastosowano w nim bardzo wówczas popularne kubkowe powietrzne trymery Philipsa

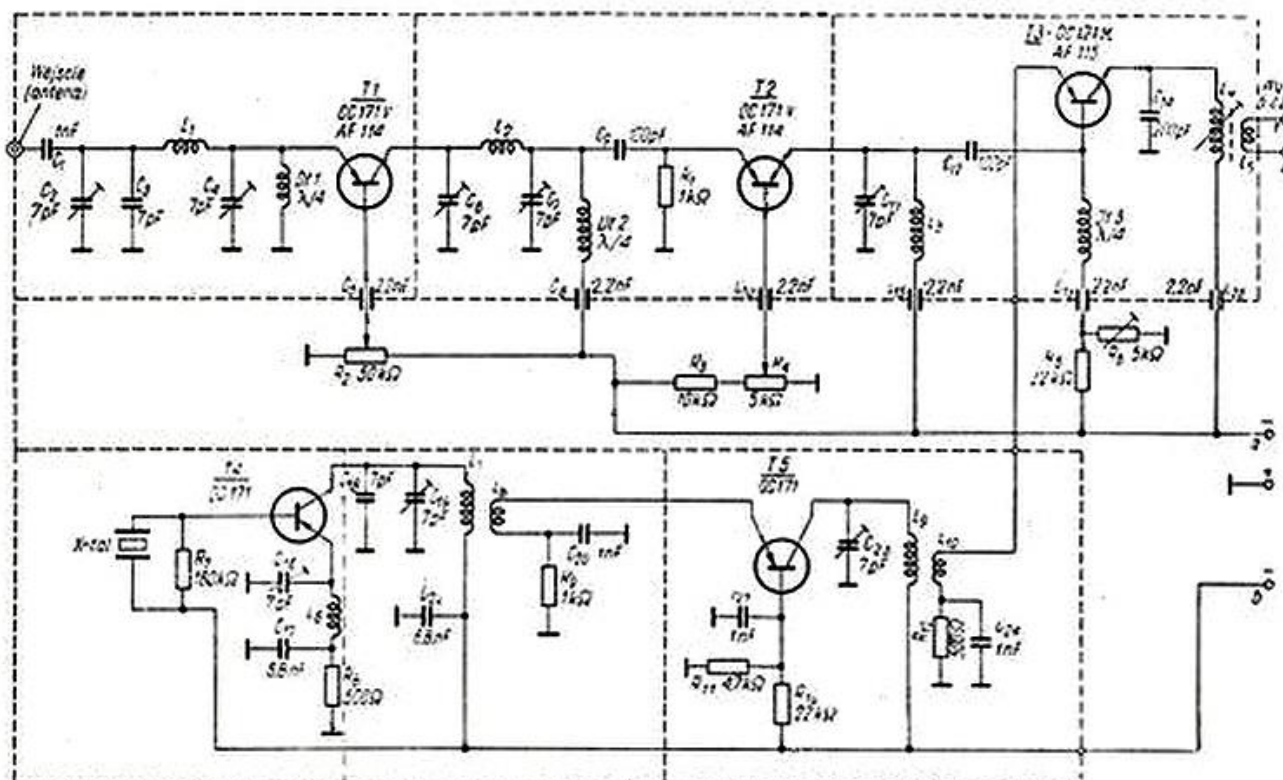
³³ Skrót oznaczał diodę ostrzową germanową.

4.3.2. Tranzystorowy odbiornik na pasmo amatorskie 144-146 MHz

Opis odbiornika skonstruowanego przez Wiktora Chojnackiego SP5QU został opublikowany w numerach 1/1965 i 2/1965 *Radioamatora*. Odbiornik był w pierwszym rzędzie przeznaczony do pracy terenowej lub z samochodu. Pobierał on średnio 40 mA prądu przy napięciu zasilania 9 V i mógł być zasilany z dwóch płaskich baterii 4,5 V.



Fot. 4.3.2.1. Widok odbiornika SP5QU. Miał on wymiary 305 x 175 x 125 mm i masę 2 kg



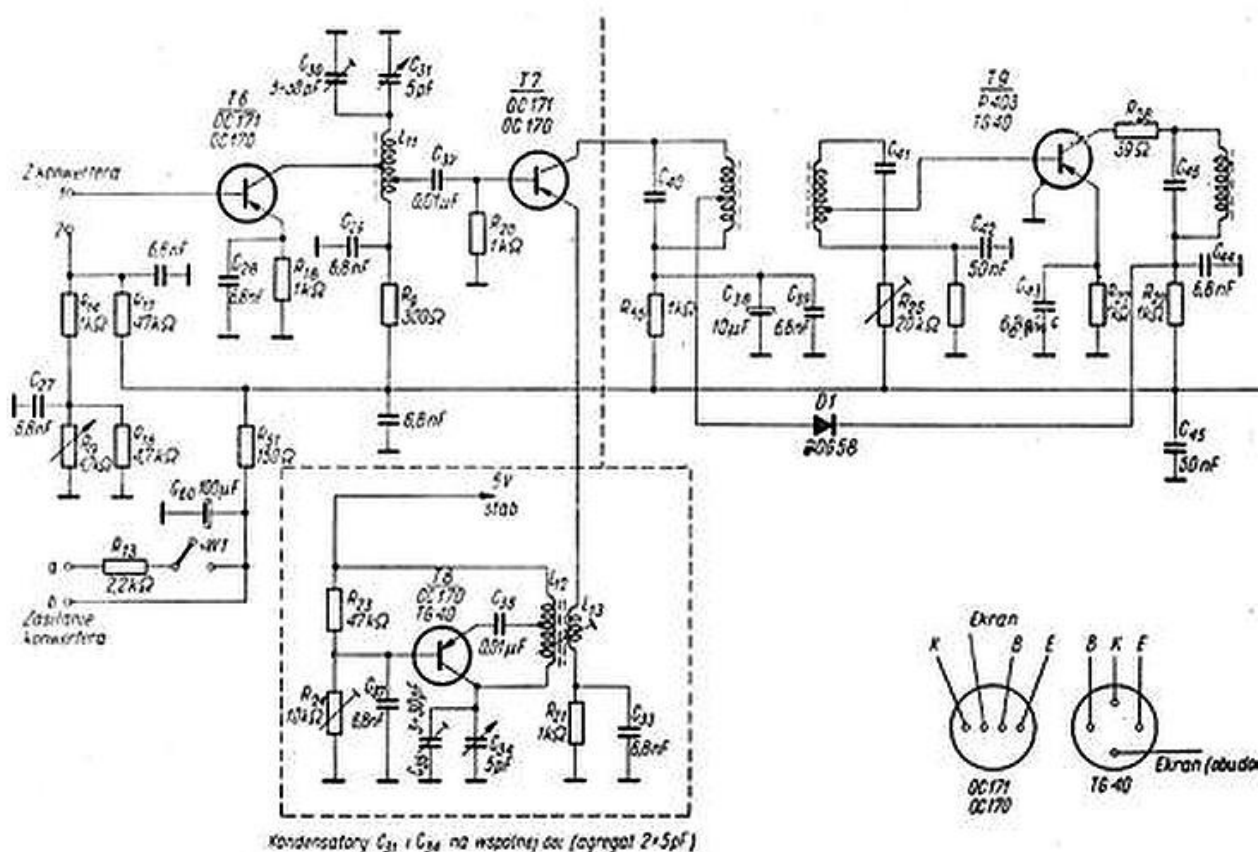
Rys. 4.3.2.2. Schemat ideowy konwertera

Odbiornik miał czułość około 5 kTo co odpowiadało 0,15 – 0,2 μV dla fonii A3 i 0,05 μV dla telegrafii A1; selektywność 2 – 6 kHz zależnie od użytych filtrów p.cz.; stabilność – odstrojenie ± 1 kHz w ciągu kilku godzin pracy; maksymalna moc wyjściowa m.cz. 0,5 W. Były to parametry lepsze niż dla samodzielnie zbudowanych odbiorników na lampach bateryjnych. Zastosowanie w stopniu wejściowym tranzystorów AF139 lub mesa AF102 pozwoliłoby na uzyskanie lepszych wyników, ale były one wówczas trudno dostępne w Polsce i drogie.

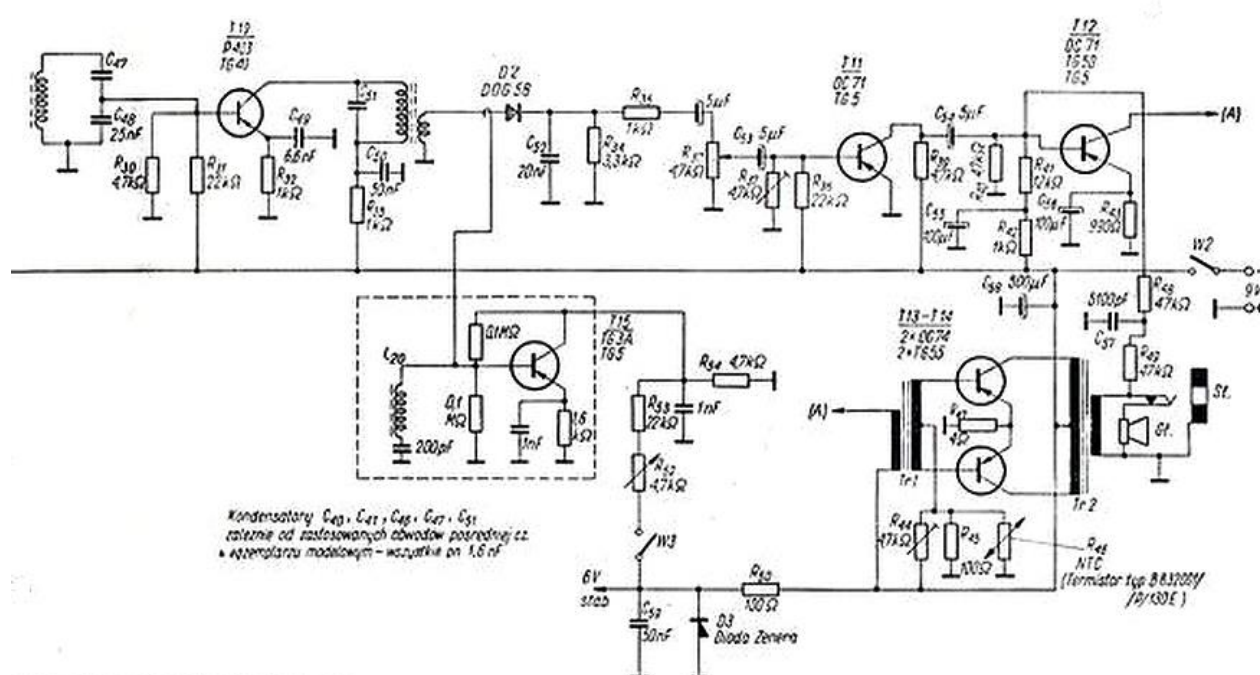
Odbiornik był superheterodyną z podwójną przemianą częstotliwości i pierwszą heterodyną stabilizowaną kwarcem. Stopnie wejściowe i pierwsza przemiana częstotliwości stanowiły mechanicznie i elektrycznie odrębną całość, będącą konwerterem ze 144 – 146 MHz na częstotliwość pośrednią 21,5 – 23,5 MHz. We wzmacniaczu w.cz. pracowały tranzystory OC171V (selekcjonowany do pracy w stopniach w.cz., litera M oznaczała tranzystory pracujące najlepiej w stopniach przemiany) w układzie ze wspólną bazą (WB). Na wejściu i wyjściu pierwszego stopnia znajdowały się obwody typu Pi umożliwiające dopasowanie impedancji w szerokim zakresie. Emiter i kolektor tranzystora są zasilane poprzez ćwierćfalowe dławiki Dł1 i Dł2. Dławiki są nawinięte drutem DNE o długości 0,5 m i sklejone klejem polistyrenowym.

Do ustawienia właściwego punktu pracy czyli polaryzacji bazy służył potencjometr R₂. Jego ustawienia miały wpływ również na współczynnik szumów tego stopnia. Wzmocniony sygnał steruje poprzez kondensator sprzęgający następny stopień wzmacniacza pracujący również w układzie wspólnej bazy. Jego baza jest zasilana przez potencjometr a kondensator przepustowy uziemia ją dla wielkiej częstotliwości. Sygnał wzmocniony jest podawany z odczepu cewki L₃ na bazę mieszacza T₃. Do obwodu jego emitera doprowadzony jest sygnał z heterodyny. Obwód wyjściowy był dostrojony do częstotliwości 22,5 MHz.

Dwustopniowa heterodyna składa się z generatora Jonesa sterowanego kwarcem o częstotliwości 10,2 MHz drgającym na trzeciej wielokrotności – 30,625 MHz. Jest ona jednocześnie powielana cztero-krotnie – obwód kolektora T₄ jest dostrojony do 122,5 MHz. Obwód w emiterze był dostrojony do częstotliwości nieco niższej niż trzecia wielokrotność. Drugi stopień na tranzystorze T₅ pracował jako wzmacniacz-separator w układzie ze wspólną bazą. Dawał on wzmocnienie 2–3-krotne i oddzielał generator od obciążenia.



Rys. 4.3.2.3. Schemat ideowy odbiornika – pierwsza część



Rys. 4.3.2.4. Schemat ideowy odbiornika – druga część

Napięcie zasilające heterodynę było podawane stale, a napięcie zasilające tor w.cz. tylko w czasie odbioru.

Wyjście konwertera jest sprzężone z następnym stopniem – wzmacniaczem pierwszej pośredniej 21,5 – 23,5 MHz pracującym na tranzystorze OC171 (możliwe było zastosowanie OC170) w układzie ze wspólnym emiterem (patrz schemat pierwszej części odbiornika). Dla uzyskania lepszego dopasowania jego kolektor i baza mieszacza były dołączone do odczepów cewki L_{11} . Polaryzacja bazy tego stopnia była uzyskiwana z dzielnika, w skład którego wchodził potencjometr służący do regulacji wzmocnienia p.cz.. Oprócz tego odbiornik posiada regulację wzmocnienia w.cz. przez zmianę napięcia zasilania toru w.cz. i regulację wzmocnienia m.cz.

Mieszacz drugiej przemiany pracuje na tranzystorze T_7 (OC171 lub OC170). Układ jest konwencjonalny, dzięki dużej częstotliwości granicznej tranzystorów neutralizacja jest zbędna. Oscylator drugiej przemiany pracował na tranzystorze OC170 w układzie ze wspólnym emiterem (WE). Wzmacniacz II p.cz. 468 kHz pracuje w układzie konwencjonalnym nie wymagającym szczegółowego omawiania. Jako tranzystory T_9 i T_{10} zastosowano radzieckie tranzystory P403.

Dioda D1 służyła jako dioda tłumiąca zwierająca obwód pośredniej częstotliwości przy silnych sygnałach. Z ostatnim filtrem p.cz. jest sprzężony generator dudnieniowy do odbioru telegrafii (BFO) na tranzystorze polskiej produkcji TG3A (T_{15}). Można było go zastąpić przez TG5.

Wzmacniacz m.cz. był również rozwiązany konwencjonalnie, tranzystory OC74 można było zastąpić przez krajowe TG55, a tranzystory OC71 przez krajowe TG5.

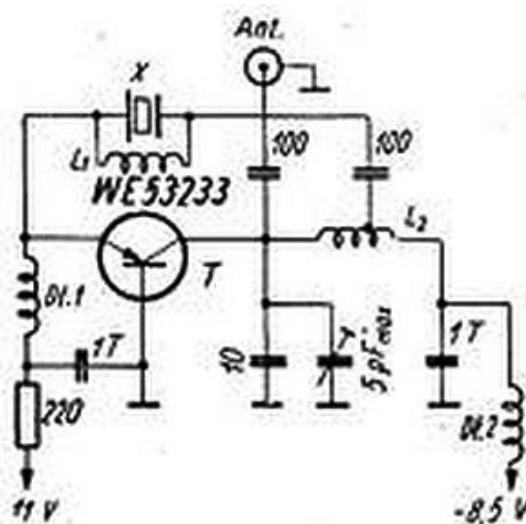
Pierwsza część schematu zawiera po drugiej przemianie pierwszy stopień wzmocnienia II p.cz., a druga część schematu zawiera drugi stopień wzmocnienia 468 kHz, detektor, generator BFO i wzmacniacz m.cz.

Odbiornik był stosowany nie tylko w „Europejskich Próbach UKF”, ale również w łącznościach między Warszawą i Komorowem na dystansie około 20 km.

4.4. Nadajniki satelitarne UKF

W numerze 9/1959 *Radioamatora* przedstawiono dwa tranzystorowe nadajniki pracujące na satelitach badawczych. Pierwszy z nich na tranzystorze pnp firmy Western Electric WE53233 dostarczał 10 mW mocy wyjściowej i był stabilizowany kwarcowo, na kwarcu oscylującym na harmonicznej (rys. 4.4.1)³⁴. Na pokładzie satelity „Vanguard” znajdowały dwa identyczne nadajniki pracujące na częstotliwościach 108,00 i 108,30 MHz. Jeden z nich znajdował się w środku satelity, a drugi w pobliżu powierzchni satelity i był z nią połączony termicznie. Ponieważ współczynniki termiczne kwarców były znane, pozwalało to na pomiar temperatury zewnętrznej przez pomiar różnicy ich częstotliwości nadawania. Jeden z nadajników był zasilany z baterii słonecznej, a drugi ze źródła galwanicznego.

Nieco bardziej skomplikowany był nadajnik umieszczony na pokładzie satelity „Explorer 1” (rys. 4.4.2). Był to nadajnik dwustopniowy o mocy wyjściowej 10 mW, pracujący również na tranzystorach pnp firmy Western Electric. Pierwszy z nich pracował jako harmoniczny oscylator kwarcowy na częstotliwości 54 MHz. Nadajnik był modulowany amplitudowo i częstotliwościowo w obwodzie kolektora oscylatora przez zmianę jego pojemności przejściowej.



Rys. 1

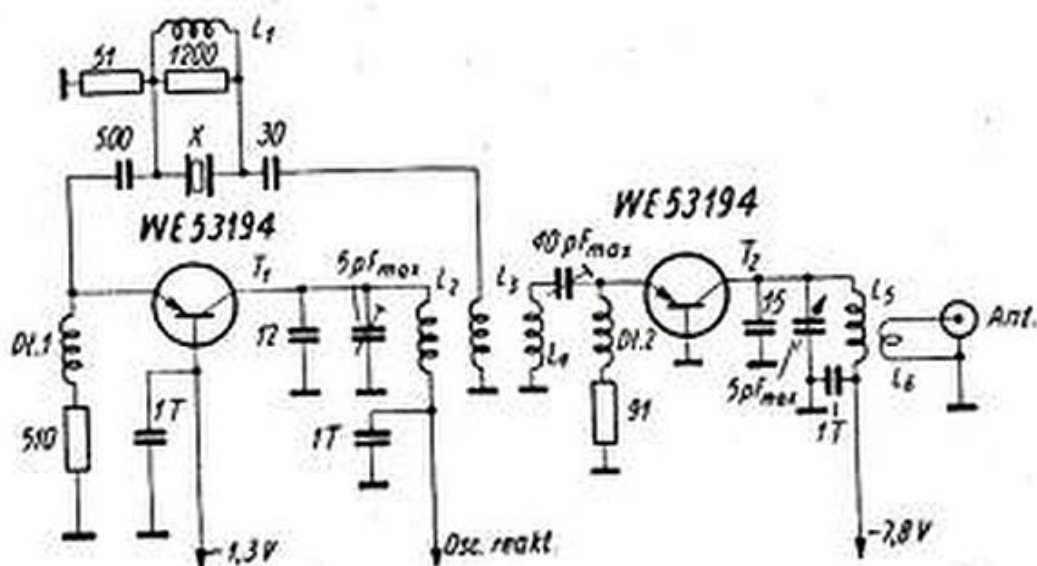
Rys. 4.4.1. Nadajnik satelity „Vanguard”

Nadajnik pierwszego amatorskiego satelity „Oscar 1” został opisany w artykule w numerze 1/1963 *Radioamatora*. Pracował on na częstotliwości 144,983 MHz z mocą 140 mW i wysyłał telegrafią ciągłymi literami HI (.... ..). Satelitę wystrzelono 12 grudnia 1961 roku. Miał on masę 4,5 kg. Przewidywany czas pracy nadajnika miał wynosić 3 tygodnie i rzeczywiście nadawał przez 22 dni. Satelita wszedł w atmosferę i spalił się 31 stycznia 1962 r. Transmisje satelity były odbierane przez krótkofalowców z prawie 30 krajów.

Zasobnik satelity miał wymiary 30 x 36 x 15 cm i był dopasowany kształtem do zewnętrznej powierzchni rakiety. Był on wykonany ze stopu magnezowego i pokryty cienką warstwą złota odbijającego

³⁴ Tranzystory **pnp** składały się z trzech różnie domieszkowanych warstw półprzewodnika: licząc od emitera do kolektora była to warstwa **p** o przewodze nośników dodatnich – dziur czyli pustych miejsc w siatce krystalicznej mogących przyjąć elektrony, cienkiej warstwy bazy o przewodze nośników ujemnych – elektronów (**n**) i obszaru kolektora znowu o przewodnictwie **p**. W tranzystorach **nnp** układ warstw jest odwrotny – jedynie baza jest obszarem o przewodnictwie dziurowym. Początkowe tranzystory germanowe miały strukturę **pnp** i dopiero później pojawiły się tranzystory komplementarne **nnp**. W przypadku tranzystorów krzemowych sytuacja jest odwrotna – przeważają tranzystory **nnp** i tylko część komplementarnych typów ma strukturę **pnp**. W tranzystorach **pnp** emiter jest połączony z potencjałem dodatnim, a kolektor z ujemnym (czyli odwrotnie jak dla lamp elektronowych) a w tranzystorach **nnp** emiter jest połączony z potencjałem ujemnym. Ze względu na mniejszą ruchliwość dziur częstotliwości graniczne tranzystorów **pnp** są niższe aniżeli tranzystorów **nnp** o takiej samej strukturze.

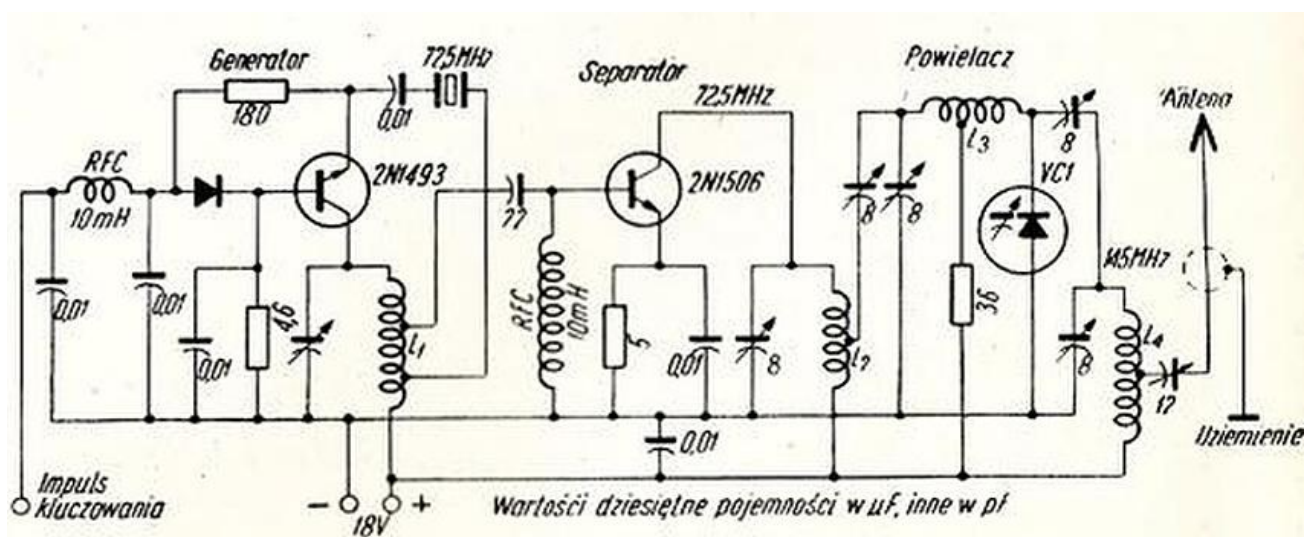
większość promieni słonecznych. Część położonej powierzchni była pokryta farbą absorbującą. Układ elektroniczny nadajnika był chroniony grubą warstwą piany epoksydowej spełniającej funkcję izolatora cieplnego.



Rys. 2

Rys. 4.4.2. Nadajnik satelity „Explorer 1”

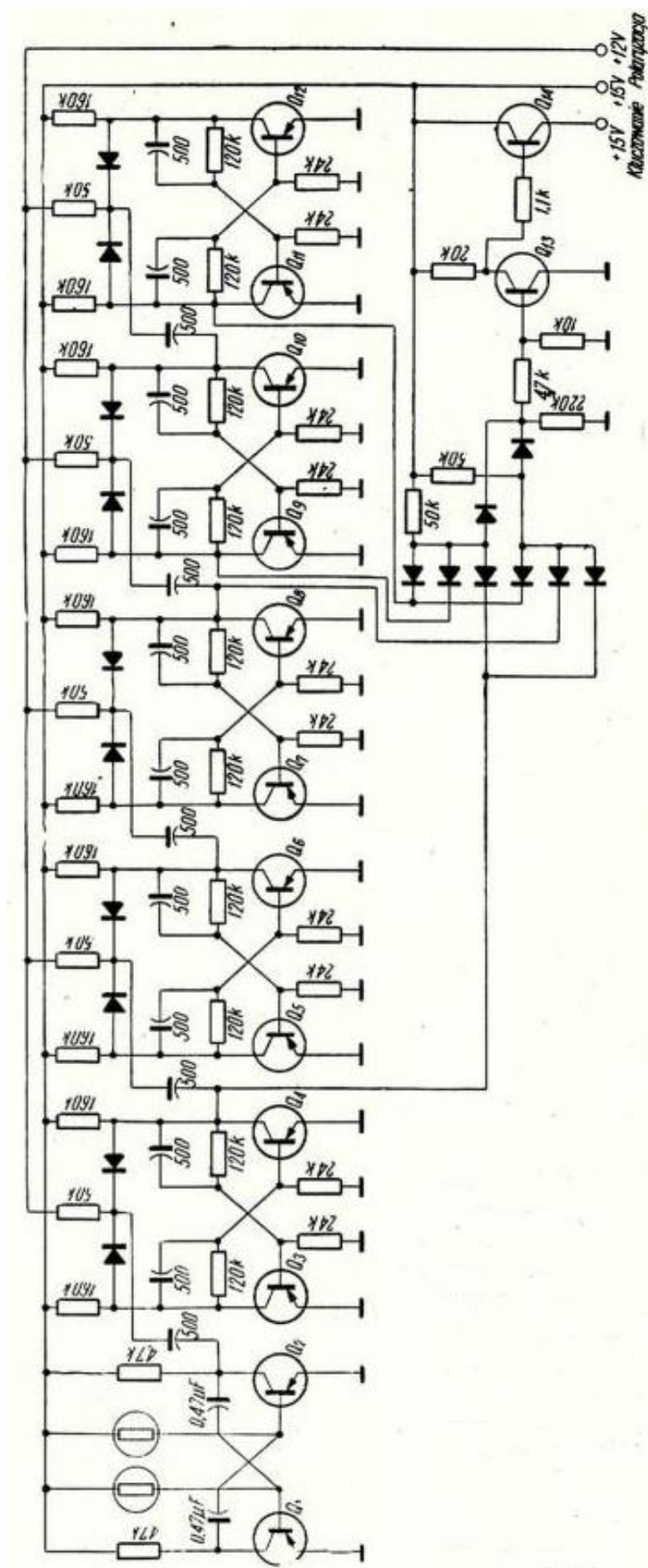
Schemat ideowy nadajnika jest przedstawiony na rysunku 4.4.3. Pierwszy stopień jest generatorem kwarcowym pracującym na częstotliwości 72,5 MHz równej piątej harmonicznej częstotliwości kwarcu na tranzystorze npn typu 2N1493³⁵.



Rys. 2. Schemat ideowy nadajnika Oscar

Rys. 4.4.3. Schemat ideowy nadajnika „Oscara 1”

³⁵ W amerykańskim systemie oznaczeń elementów półprzewodnikowych symbol 1N oznaczał elementy jednozłączowe (wszelkiego rodzaju diody), 2N – elementy o dwóch złączach p-n – tranzystory złączowe. Później tranzystorom polowym dla odróżnienia przyznano prefiks 3N i było to odstępstwo od pierwotnej zasady.



Sygnal generatora jest wzmacniany przez stopień separujący pracujący z układzie wspólnego emitera na tranzystorze 2N1506. Dostarczał on mocy 180 mW. W następnym stopniu – podwajaczu – pracuje dioda o zmiennej pojemności (warikap) VC1. Jest to więc podwajacz parametryczny. Moc wyjściowa na 145 MHz wynosi około 140 mW. Obwód wyjściowy jest wyposażony w odczep pozwalający na dopasowanie do anteny o impedancji wejściowej 50 Ω .

Cewki w.c.z. były nawinięte drutem ocynowanym o $\varnothing$ 0,64 mm na korpusach nylonowych $\varnothing$ 5,1 mm.

Cewki:

L_1 – 9 zw. odcz. na 3 i 6,5 zw.,

L_2 – 9 zw., odczep na środku,

L_3 – 31 zw., odczep na środku,

L_4 – 7 zw., odczep na 2 3/4 zw.

Nadawany ciąg liter HI był stosunkowo łatwy do wytworzenia i miał niski współczynnik wypełnienia co oszczędzało energię zasilania. Był on też stosunkowo łatwy do rozpoznania przez osoby nie znające telegrafii.

Układ kluczujący składał się z multiwibratora i pięciu dzielników dających różne długości impulsów, których wyjścia były kombinowane logicznie za pomocą układu diodowego. Zastosowane w multiwibratorze termistory powodowały uzależnienie długości znaków od temperatury, i zależność ta została uprzednio przeskalowana w termostacie. Nadajnik był zasilany z 3 baterii rtęciowych o napięciu 18 V. Zastosowano prętową antenę ćwierćfalową, a jako przeciwwaga służyła obudowa satelity.

Rys. 4.4.5. Schemat układu kluczującego

Ogniwo rtęciowe jest ogniwnem galwanicznym w którym elektrodą ujemną jest zwykle cynk,

elektrodą dodatnią tlenek rtęci(II) – w niektórych ogniwach z dodatkiem dwutlenku manganu MnO_2 , a elektrolitem roztwór wodorotlenku potasu³⁶. Znamionowe napięcie ogniw rtęciowych wynosi 1,35 V i jest względnie stabilne. Jednak po rozładowaniu szybko spada. Napięcie utrzymuje się w granicach 1% przez kilka lat przy lekkim obciążeniu i w szerokim zakresie temperatur, dzięki czemu baterie rtęciowe były przydatne jako napięcie odniesienia w przyrządach elektronicznych i światłomierzach fotograficznych. Teoretyczna gęstość energii wynosiła 80-120 Wh/kg. Ogniwa rtęciowe „Oscara 1” miały zapewniać pracę nadajnika przez 28 dni.



Rys. 4.4.4. Pojemnik *Oscara*

Koszty budowy satelity przez grupę krótkofalowców kalifornijskich wynosiły około 68 ówczesnych dolarów co obecnie odpowiadałoby w przybliżeniu 600 euro.

Kolejny satelita „Oscar 2” został wystrzelony 2 czerwca 1962 roku i pracował 18 dni. Tak jak „Oscar 1” nadawał on ciągi liter HI z szybkością telegrafowania zależną od temperatury. Pierwsze satelity wyposażone w przemienniki amatorskie (ze 144,1 na 144,9 MHz) „Oscar 3” i „Oscar 4” zostały wystrzelone kolejno 9 marca i 21 grudnia 1965 roku.

4.5. Waraktorowe powielacze częstotliwości

W punkcie tym autor oparł się na opracowaniu Zdzisława Bieńkowskiego SP6LB z numerów 8/1968 i 9/1968 *Radioamatora*.

Diody waraktorowe w połączeniu z obwodami rezonansowymi generują drugą, trzecią i wyższe harmoniczne doprowadzonego sygnału ze sprawnością 50 – 90%. Układy waraktorowe charakteryzowały się prostotą i pewnością działania. Nie wymagały one też zasilania prądem stałym. Jednym źródłem energii był sygnał wejściowy w.cz. Początkowo częstotliwość graniczna diod waraktorowych wynosiła 100 MHz, ale w chwili opublikowania artykułu krótkofalowcy mogli je stosować na pasmach 70 i 23 cm uzyskując moce wyjściowe od kilku do 30 W.

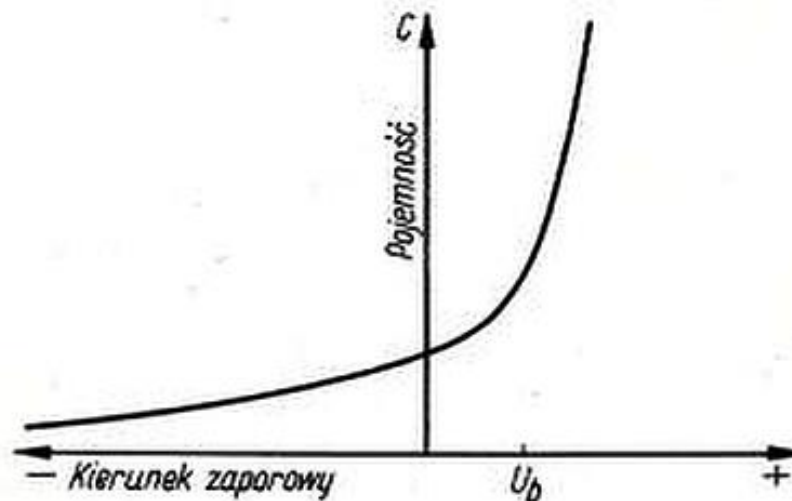
Waraktor jest krzemowym elementem półprzewodnikowym o złączu p-n (przeważnie wykonanym wówczas techniką dyfuzyjną), którego pojemność zmienia się pod wpływem napięcia polaryzującego w kierunku zaporowym – jest więc diodą półprzewodnikową o pojemności początkowej zależnej od powierzchni złącza. Diody takie znalazły szerokie zastosowanie w układach dostrajania obwodów rezonansowych w zakresach fal długich, średnich, krótkich i ultrakrótkich zastępując obrotowe kondensatory strojeniowe. Waraktory charakteryzują się mniejszym oporem szeregowym i mniejszą indukcyjnością.

Złącze p–n jest miejscem styku dwóch obszarów półprzewodnika: obszaru p, w którym przeważają jony dodatnie, czyli puste miejsca w siatce krystalicznej, które mogą być zajmowane przez elektrony

³⁶ W 1942 Samuel Ruben opracował zrównoważone ogniwo rtęciowe, które było przydatne do zastosowań militarnych, takich jak wykrywacze metali czy krótkofalówki. Zaletą tego ogniwa była długa żywotność (nawet do 10 lat) oraz stabilne napięcie wyjściowe. Po II wojnie światowej ogniwa te były wykorzystywane w przenośnych urządzeniach elektronicznych, takich jak rozruszniki serca oraz aparaty słuchowe.

Baterie rtęciowe w handlu były spotykane pod oznaczeniami np. MR44, MR6. Obecnie (po wycofaniu z handlu baterii rtęciowych) oznaczenie M przypisano ładowalnym bateriom litowym. Obecnie sprzedaż tych baterii jest zakazana, ze względu na zawartość toksycznej rtęci oraz troskę o środowisko.

i obszaru n, w którym nośnikami prądu są elektrony. W miejscu styku obu obszarów powstaje cienka warstwa, w której nośniki – dziury i elektrony przechodzą (dyfundują) na drugą stronę i uniemożliwiają przepływ prądu. Strefa ta nazywa się obszarem zaporowym. Bariere potencjału zaporowego można przewzyciężyć polaryzując złącze w kierunku przewodzenia. Dla złączy germanowych napięcie progowe wynosi 0,2 – 0,25 V, dla złączy krzemowych 0,6 – 0,7 V, a dla złączy metal-półprzewodnik w krzemowych diodach Schottkiego – 0,4 V. Przy spolaryzowaniu złącza w kierunku zaporowym grubość warstwy wzrasta w miarę wzrostu napięcia wstecznego. Złącze posiada więc właściwości kondensatora o pojemności zależnej od napięcia wstecznego – malejącej przy jego wzroście.



Rys. 4.5.1. Typowa charakterystyka pojemnościowa diody waraktorowej

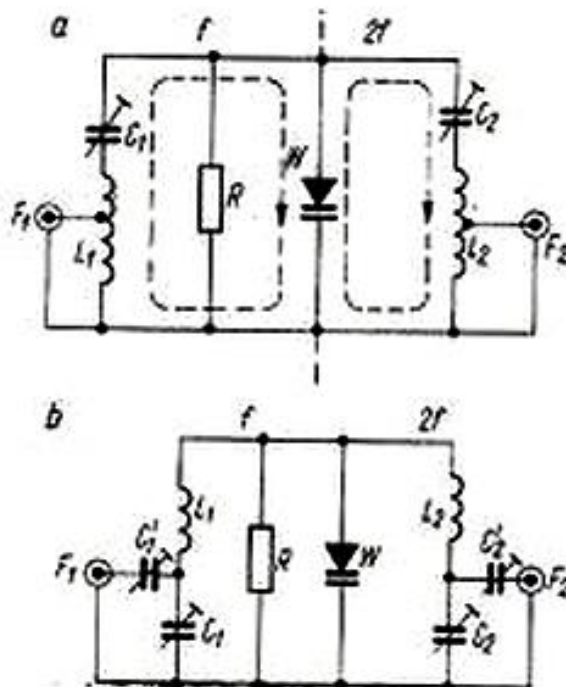
Rysunek 4.5.1. przedstawia zależność pojemności złącza od doprowadzonego napięcia. Zmienia się ona w sposób ciągły, ale zależność ta jest nieliniowa. Dzięki temu waraktor staje się źródłem prądów harmonicznym, które dodając się na nieliniowej charakterystyce mogą dodatkowo wzbogacić żadaną harmoniczną prądu. Wejściowe napięcie sinusoidalne generuje więc za pomocą diody napięcia niesinusoidalne bogate w harmoniczne napięcia doprowadzonego.

W większości diod waraktorowych powyżej napięcia progowego 0,6 – 0,7 V w kierunku przewodzenia następuje szybki wzrost przewodności – pojemność złącza jest szeregowo połączona z opornością półprzewodnika. Jednocześnie szybko rośnie też pojemność złącza diody. Z chwilą doprowadzenia sygnału w pierwszej chwili popłynie pewien prąd powodujący wytworzenie się napięcia polaryzującego i aut-omacyjne przesunięcie punktu pracy waraktora w obszar zaporowy. W tych warunkach płynie bardzo mały prąd składowej stałej niewiele wpływający na sprawność układu. Całość przemiany odbywa się dzięki zmianom pojemności. Zmiany pojemności nie wiązałyby się ze stratami energii gdyby nie były związane z ruchem nośników w materiale o ograniczonej przewodności. W rzeczywistości straty występują wskutek oporu czynnego półprzewodnika, na schemacie zastępczym włączonego w szereg z pojemnością.

Na rysunku 4.5.2 przedstawiono dwie wersje waraktorowego harmonicznego podwajacza częstotliwości. Układ składa się z obwodu wejściowego L_1C_1 dostrojonego do częstotliwości podstawowej, z obwodu wyjściowego L_2C_2 dostrojonego do drugiej harmonicznej i opornika upływowego R_1 o dużej oporności – 30 – 200 k Ω . Waraktor jest wspólnym elementem obu obwodów. Ujemne napięcie polaryzujące jest wytwarzane na waraktorze wskutek przepływu przez opornik R_1 i waraktor niewielkiego prądu wywołanego szczytami dodatniej połówki doprowadzonego sygnału o częstotliwości podstawowej.

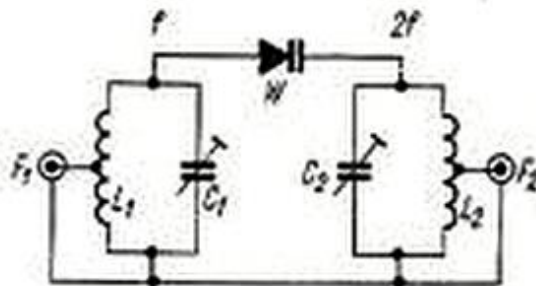
Po doprowadzeniu sygnału powielanego do obwodu wejściowego waraktor powoduje tak duże jego zniekształcenia, że pojawiają się w nim harmoniczne. Druga harmoniczna jest doprowadzona do wyjścia przez obwód wyjściowy. Opór szeregowy waraktora R_s oraz straty w obwodach rezonansowych powodują straty energii przy powielaniu. Przy dobrych waraktorach i obwodach rezonansowych o dużej dobroci sprawność powielania może dochodzić do 90%. Największą sprawność uzyskuje się gdy opór podwajacza widziany od strony wejścia F_1 i wyjścia F_2 odpowiada oporowi obciążenia źródła i odbiornika, którym zazwyczaj jest antena. Może nim być też dalszy potrajacz np. z 432 na 1296 MHz.

Układy na rysunku 4.5.2.a i b różnią się sposobem dopasowania. Układ z rysunku a posiada dzielnik indukcyjny, a układ z rysunku b – dzielnik pojemnościowy. Układ z dzielnikiem pojemnościowym jest łatwiejszy w budowie i zestrojeniu, a układ z dzielnikiem indukcyjnym, zwłaszcza na wyjściu zapewnia lepsze tłumienie sygnału podstawowego na drodze do wyjścia.



Rys. 4.5.2. Układ podwajacza waraktorowego z waraktorem równoległym

W równoważnym układzie z rysunku 4.5.3 waraktor jest włączony szeregowo między obwody wejściowy i wyjściowy. Jego wadą jest to, że oba wyprowadzenia waraktora są gorące i nie można ich połączyć z masą dla lepszego odprowadzania ciepła.

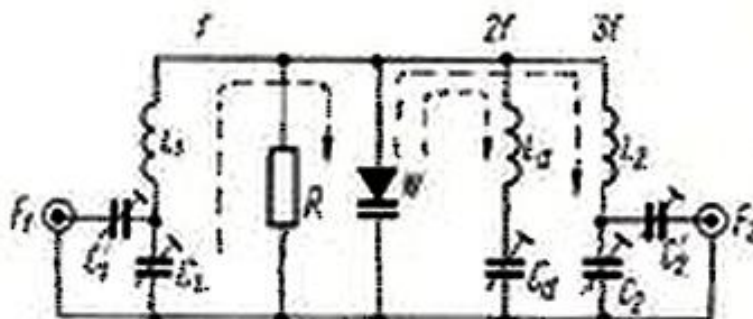


Rys. 4.5.3. Podwajacz ze sprzężeniem szeregowym obwodów przez waraktor

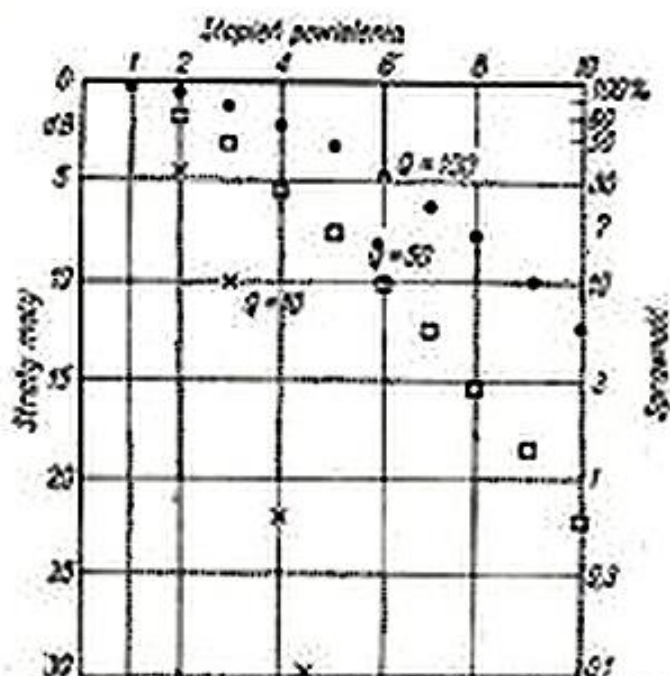
Po nastrojeniu w układzie z rysunku 4.5.2 obwodu wyjściowego na trzecią harmoniczną otrzymuje się potrajacz. Niestety jego sprawność jest nieduża – rzędu 30 – 40%. Dodanie do układu trzeciego obwodu – szeregowego – $L_d C_d$ podnosi sprawność powielania do 60 – 70%. Obwód ten jest dostrojony do drugiej harmonicznej i dzięki temu jej prądy dodają się do sygnału wejściowego i w wyniku mieszania na waraktorze pojawia się dodatkowy sygnał trzeciej harmonicznej dodający się w fazie zgodnej z sygnałem trzeciej harmonicznej wywołanej nieliniowością charakterystyki waraktora. Otrzymany sygnał jest więc większy niż w układzie z rys. 4.5.2. Podczas strojenia obwodu $L_d C_d$ wyraźnie można stwierdzić znaczny wzrost mocy sygnału na wyjściu w momencie dostrojenia obwodu do drugiej harmonicznej.

W podobny sposób można uzyskać czwartą, piątą i dalsze harmoniczne sygnału lecz sprawność powielania szybko maleje. Korzystniej jest stosować dwa następujące po sobie układy powielaczy, np.

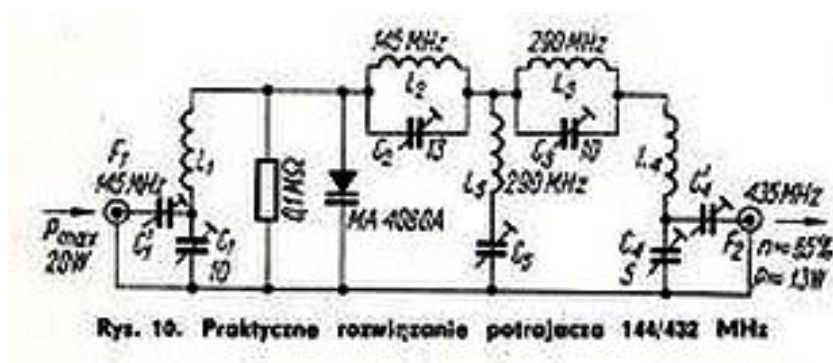
podwajacz i potrajacz zamiast sześciokrotnego powielania w jednym stopniu. Zależność sprawności od stopnia powielania przedstawia rysunek 4.5.5. dobroć waraktora Q jest uzależniona od częstotliwości pracy, pojemności waraktora i szeregowego oporu strat R_s .



Rys. 4.5.4. Potrajacz częstotliwości



Rys. 4.5.5. Zależność strat mocy (krzyżyk), sprawności (kółko) i dobroci waraktora (kropka) od stopnia powielania



Rys. 4.5.6. Praktyczne rozwiązanie potrojacza 144/432 MHz

Układ potrajacza z rysunku 4.5.4 ma tę wadę, że do wyjścia F_2 poza sygnałem trzeciej harmonicznej dochodzą (wprawdzie osłabione) sygnały drugiej harmonicznej i podstawowy. Dla ich osłabienia stosuje się dwa rozwiązania. Jedno polega na wprowadzeniu filtrów na te obie częstotliwości jak na rysunku 4.5.6, a drugie na zastosowaniu obwodu rezonansowego na trzecią harmoniczną o dużej dobroci (obwód współosiowy) – jak na rysunku 4.5.7.

Rysunek 4.5.6 przedstawia potrajacz częstotliwości 144/432 MHz o sprawności ok. 65% i mocy wyjściowej około 13 W przy wejściowej 20 W. Najpierw strojone były obwody L_1 , C_1 i C_1' na 145 MHz, L_4 , C_4 i C_4' na 435 MHz i L_5 , C_5 na 290 MHz, a w końcu L_2 , C_2 na 145 MHz i L_3 , C_3 na 290 MHz.

Orientacyjne dane cewek:

L_1 – 7 zw. Ag Ø 1,0 mm, D – 9,5 mm, l – 12 mm,

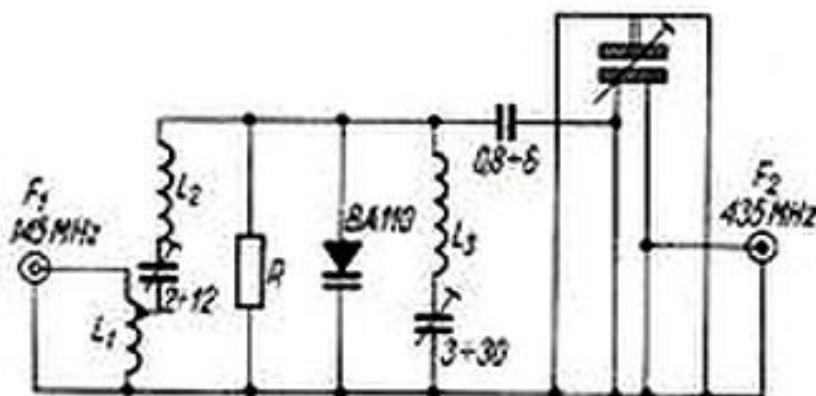
L_2 – 4 zw. Ag Ø 0,6 mm, D – 6,0 mm, l – 8 mm,

L_3 – 1,5 zw. Ag Ø 0,6 mm, D – 6,0 mm, l – 8 mm,

L_4 – zw. Ag Ø 0,8 mm, D – 6,0 mm, l – 3 mm,

L_5 – 4 zw. Ag Ø 1,0 mm, D – 6,0 mm, l – 5 mm.

Rysunek 4.5.7 przedstawia potrajacz częstotliwości 144/435 MHz na łatwo wówczas dostępnym waraktorze BA110. Moc wyjściowa wynosiła 400 mW, co wystarczało do łączności na odległości do 100 km.



Rys. 4.5.7. Potrajacz o mocy wyjściowej 400 mW

Dane cewek:

L_1 – 3+1 zw. Ag Ø 1,0 mm, D – 9 mm, l – 8 mm, Q – 300,

L_2 – 3,5 zw. Ag Ø 1,0 mm, D – 9 mm, l – 5 mm, Q – 350 z rdzeniem F100 na UKF,

L_3 – 3 zw. Ag Ø 1,0 mm, D – 9 mm, l – 4 mm, Q – 300,

Obwód wyjściowy Ø 28/10 mm, długość 92 mm, Q – 1000.

Dane cewek powielacza z rys. 4.5.8 i 4.5.9:

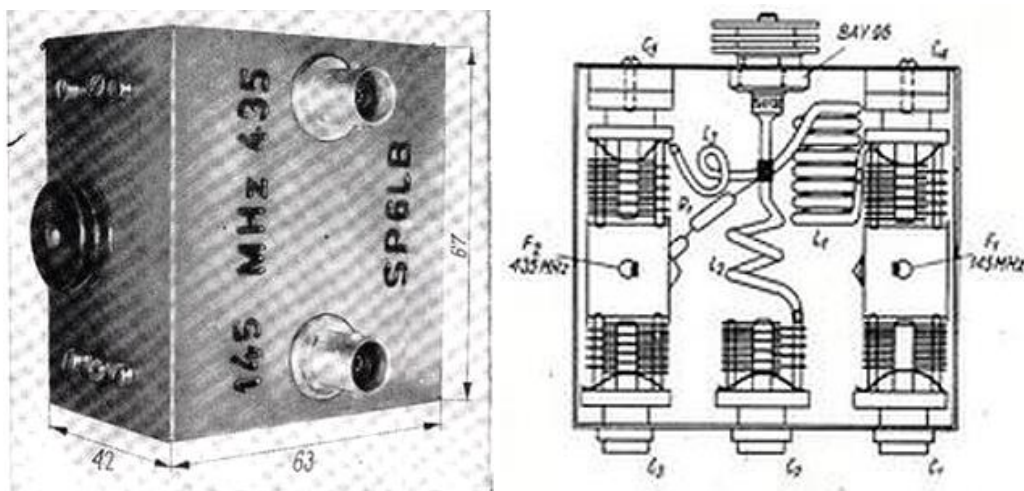
L_1 – Cu/Ag Ø 1,7 mm, D_{zewn} – 10 mm, l – 17 mm, 7 zwojów,

L_2 – Cu/Ag Ø 1,7 mm, D_{zewn} – 10 mm, l – 22 mm między punktami lutowań, 2,5 zwoja,

L_3 – Cu/Ag Ø 1,7 mm, D_{zewn} – 10 mm, l – 18 mm między punktami lutowań, 1 1/4 zwoja.

Łączniki kondensatorów C1–C4–F1 i C2–C3–F2 były wykonane z taśmy Cu o szerokości 10 mm i grubości 0,2 mm.

R – 0,1 MΩ 0,5 W.



Fot. 4.5.8. Potrajacz waraktorowy SP6LB na waraktorze BAY96 według schematu z rys. 4.5.4³⁷

Rys. 4.5.9. Jego konstrukcja

Układy powielaczy waraktorowych nie były wprowadzane tak rozpowszechnione wśród krótkofalowców polskich jak powielacze lampowe ale warto wspomnieć, że działający przez długi czas w Ustce i Postominie Andrzej Włodarczyk SP1JX skonstruował dla stacji SP1KIZ potrajacz tego rodzaju ze 144 na 432 MHz³⁸.

Jako waraktor mogło być wykorzystywane złącze baza-kolektor tranzystora b.w.cz. o odpowiedniej mocy. Złącze baza-emiter mogło być nawet uszkodzone. Przykładowo stosowane były tranzystory 2N3375, 2N3632.

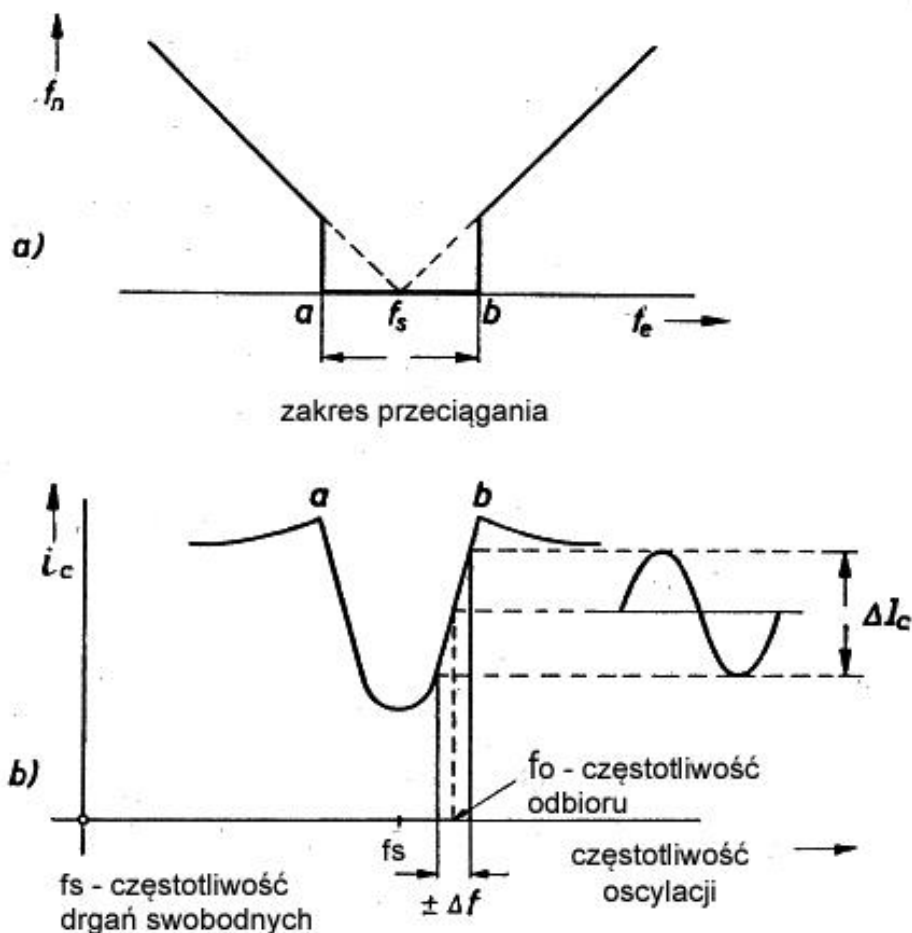
³⁷ Zdzisław Bieńkowski (1929 – 2015), SP6LB, był aktywnym działaczem krótkofalarskim, m.in. organizatorem Klubu Krótkofalowców na Politechnice Łódzkiej w 1948 r., prezesem ZO PZK w Łodzi, członkiem Zarządu Grodzkiego LPŻ i kierownikiem Gabinetu Radiowego w Młodzieżowym Domu Kultury jak i aktywnym nadawcą pracującym zwłaszcza na falach ultrakrótkich. W 1952 r. ukończył Politechnikę Łódzką w specjalności budowy maszyn i urządzeń elektrycznych. W 1956 r. przeniósł się do Wrocławia. W 1957 roku brał udział w zjeździe reaktywującym PZK, a następnie wspólnie z SP5FM był założycielem Polskiego Klubu UKF. Był autorem wielu publikacji w czasopiśmie dla krótkofalowców, a także tym książki *Amatorskie anteny KF i UKF*, oraz *Poradnika UKF-owca*. Należał do Polskiego Klubu Radiowideografii i pracował emisjami cyfrowymi.

³⁸ Później kierował on uruchomieniem przemiennika postomińskiego. SP1JX wraz z kolegami z postomińskiego klubu LOK zorganizowali pierwszą na Pomorzu Środkowym sieć UKF czynną do ogłoszenia stanu wojennego. W latach 1970-tych po wymianie w przedsiębiorstwach państwowych lampowych radiotelefonów FM302 na nowocześniejsze dokonywał ich adaptacji dla potrzeb krótkofalowców na pasmo 2 m. Żył w latach 1939 – 2008.

Dodatek A

Synchronizowany demodulator FM

Praca demodulatora synchronizowanego polega na przeciąganiu częstotliwości generatora pod wpływem sygnału o zbliżonej częstotliwości. Jeżeli częstotliwość synchronizująca (częstotliwość odbieranego sygnału) leży na zboczu charakterystyki obwodu rezonansowego zmiana jej w takt modulacji FM powoduje zmianę amplitudy drgań generatora. Powoduje to zmianę prądu kolektora i co za tym idzie spadku napięcia na oporniku zasilającym kolektor. Powstaje więc odpowiednik demodulatora pracującego na zboczu charakterystyki obwodu LC.



Rys. A.1. Zasada pracy

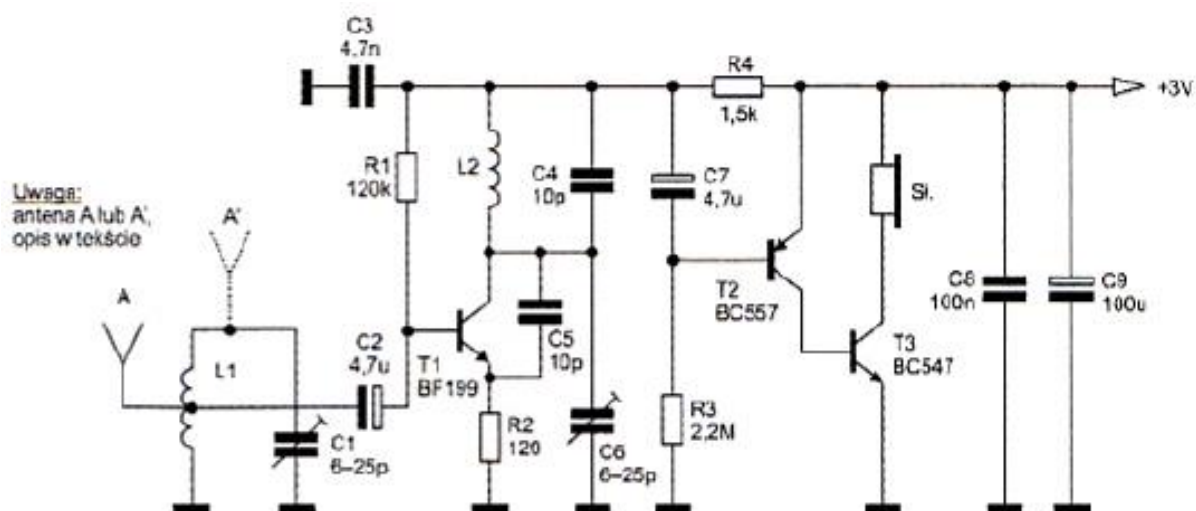
Podobnie jak w przypadku superreakcji napięcie oscylacji jest znacznie wyższe od napięcia odbieranego, uzyskujemy więc duże (skuteczne) wzmocnienie w pojedynczym stopniu ale bez znanych wad superreakcji. Sygnał jest czysty, nie przerywany i nie zmodulowany częstotliwością wygaszania i jej harmonicznymi. Generator może zresztą nie pracować na częstotliwości odbioru. Dostrojenie odbiornika i dobór warunków pracy nie są tak skomplikowane jak w odbiornikach superreakcyjnych.

Zmiany pojemności wyjściowej tranzystora w zależności od prądu kolektora powodowałyby przestrajanie obwodu a co za tym idzie przesuwanie położenia zbocza charakterystyki na skali częstotliwości. W ostatecznym wyniku oznaczałoby to zniekształcenia sygnału demodulowanego i dlatego jest niepożądane, a przynajmniej powinno być minimalizowane. W układzie z artykułu w EP 8/2014 (rys. A.2) pojemność kolektor-emiter tranzystora jest połączona równolegle z pojemnością sprzężenia zwrotnego, a nie pojemnością obwodu generatora co minimalizuje wpływ jej zmian na częstotliwość swobodnych drgań generatora. Opis ukazał się także w numerze 7-8/2025 *Świata Radio*.

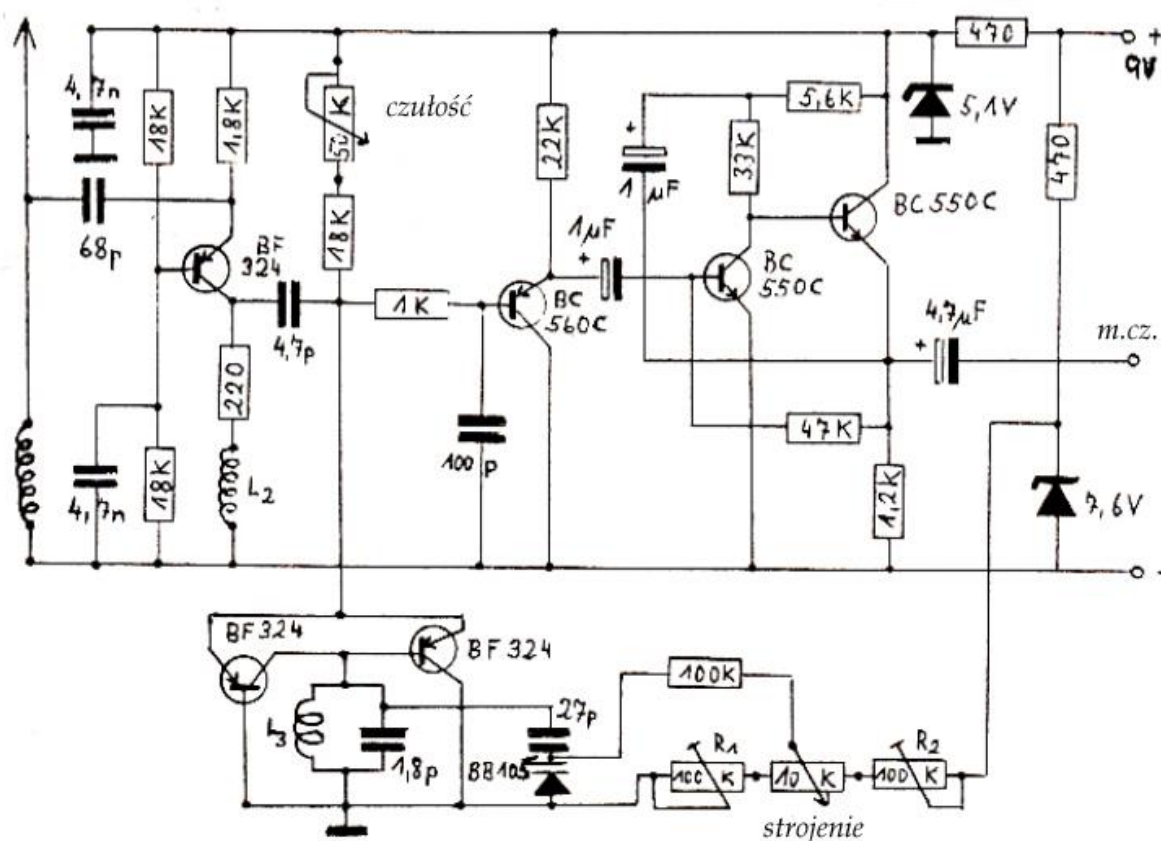
Według informacji podawanych w literaturze zakres przeciągania jest stosunkowo wąski (najwyżej kilka %) i dlatego rozwiązanie to może być stosowane na częstotliwości odbioru (na w.cz.) a nie na p.cz.

Intuicyjnie należałoby przypuszczać, że zakres ten będzie węższy w przypadku przeciągania na harmonicznej. Dewiacja zmniejsza się proporcjonalnie do harmonicznej – w tym układzie dwukrotnie.

W dawniejszej literaturze dla podobnych rozwiązań spotykana była nazwa „demodulator Bradleja”. Rozwiązanie spotykane w latach 40-tych i 50-tych ubiegłego wieku w sprzęcie fabrycznym, obecnie rzadko spotykane i to raczej w rozwiązaniach amatorskich.



Rys. A.2. Wakacyjny odbiornik UKF-FM z detektorem synchronizowanym



Rys. A.3. Schemat ideowy odbiornika Salzitter-Zwerg na pasmo 144 MHz

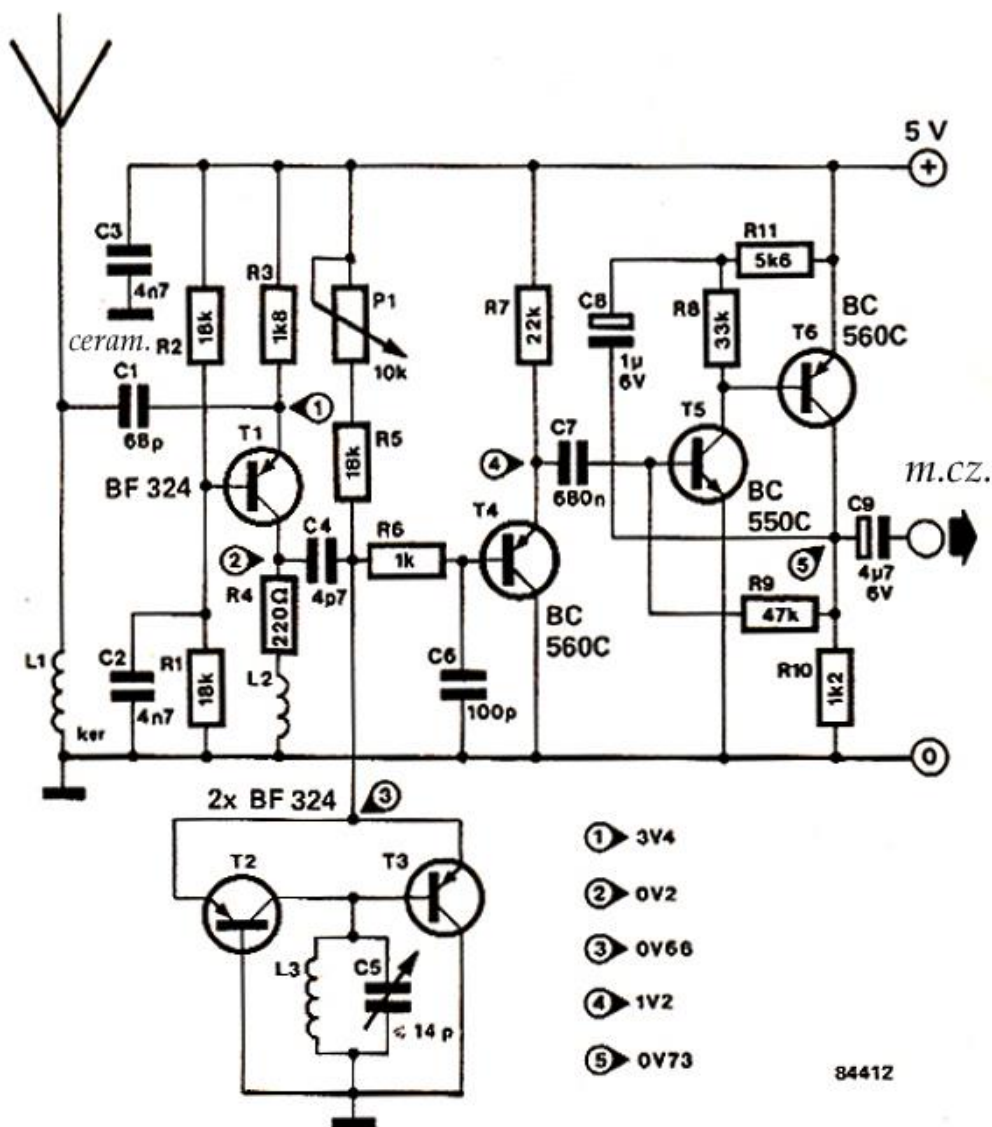
Opisany w numerze 9/1989 CQDL odbiornik konstrukcji Wolfganga Heina DL2AAT pokrywa zakres 144 – 146 MHz (rys. A.3). Opis odbiornika został również opublikowany w numerze 7-8/1984 pisma *Elektor* i w książce *302 Schaltungen* [302 układy elektroniczne] tego wydawnictwa. Jego układ zawiera szerokopasmowy wzmacniacz w.cz., generator synchronizowany i wzmacniacz m.cz. Oscylator na dwóch tranzystorach BF324 pracuje w zakresie 144 – 146 MHz i jest przestrajany za pomocą diody pojemnościowej. Sygnał wyjściowy ze wzmacniacza w.cz. jest podawany przez kondensator 4,7 pF na synchronizowany generator i powoduje przeciąganie jego częstotliwości pracy. Zdemodulowany sygnał m.cz. jest podawany przez filtr dolnoprzepustowy na wzmacniacz m.cz. We wzmacniaczu m.cz. zastosowano układ scalony LM380. Odbiornik charakteryzował się czułością i selektywnością pozwalającymi na odbiór wszystkich lokalnych przemienników FM w rejonie zamieszkania konstruktora. Do strojenia można użyć diod pojemnościowych typu BB105, BB109, BB121 lub podobnych. Zamiast diody pojemnościowej można zastosować kondensator strojeniowy UKF.

Cewki:

L_1 – 10 zwojów DNE $\varnothing$ 0,5 mm, na d – 3 mm

L_2 – 13 zwojów DNE $\varnothing$ 0,5 mm, na d – 5 mm

L_3 – 3 zwoje CuAg $\varnothing$ 1 mm, d – 4 mm.



Rys. A.4. Wariant na pasmo radiofoniczne strojony kondensatorem obrotowym

Cewki:

L_1 – 10 zwojów DNE $\varnothing$ 0,5 mm, na d – 3 mm

L_2 – 13 zwojów DNE $\varnothing$ 0,5 mm, na d – 5 mm

L_3 – 4 zwoje DNE $\varnothing$ 1,2 mm, d – 5 mm.

Do strojenia służy kondensator C_5 – o pojemności 14 pF.

Na wyjście można podłączyć dowolny wzmacniacz głośnikowy.

Literatura i adresy internetowe

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

- [1] Wilhelm Rotkiewicz „Technika odbioru radiowego”
- [1a] „Der Pendelempfang”, Rudolf Cantz – Der Pendelempfang.pdf
- [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] „Układy tranzystorowe dla radioamatorów”, A. Żidan, B. Milobar, WKŁ, Warszawa 1978
- [5] „Miniodbiorniki tranzystorowe”, Sławomir Wolszczak, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1969
- [10] www.stareradia.pl

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 – „Pocztą elektroniczną 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)
- Nr 69 – „Poradnik cyfrowego głosu” (2024)
- Nr 70 – „Konstrukcje antenowe” Tom 1, wydanie 1 (2024), 2 (2025)
- 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 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)

