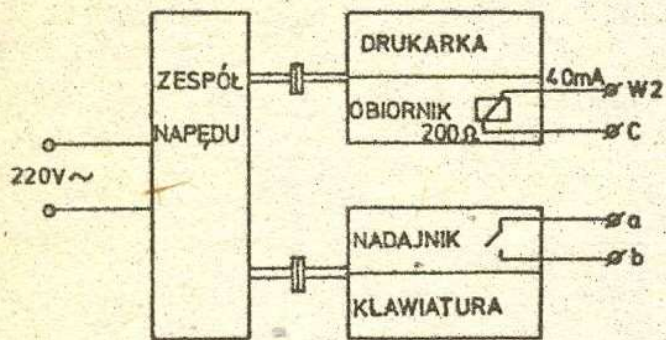


1. Dalekopis i sygnał telegraficzny.

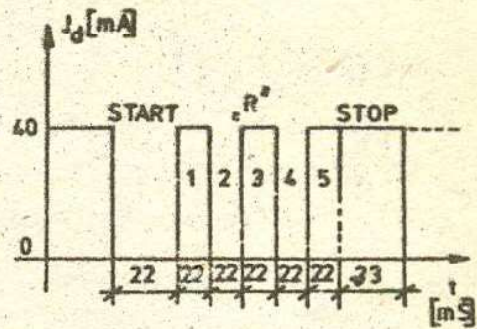
Dalekopis używany przez krótkofalowców przy pracy w systemie RTTY /Radio Tele Type/ składa się głównie z dwu zespołów - nadajnika i odbiornika sygnałów telegraficznych. Nadajnik współpracuje z klawiaturą, a odbiornik z drukarką. Omówione zostaną sygnały elektryczne przetwarzane przez odbiornik i wysyłane przez nadajnik. Działanie części mechanicznej nie będzie omawiane, wymienione zostaną jedynie jej części składowe: silnik z regulatorem obrotów, przekładnia główna i pomocnicza oraz sprzęgła.

Jak pokazano na rys. 1 schemat elektryczny dalekopisu jest prosty. Odbiornik posiada elektromagnes odbiorczy o rezystancji uzwojenia 200 omów. Normalna wartość prądu płynącego przez to uzwojenie w stanie spoczynku dalekopisu wynosi 40 mA. Jest to tzw. MARK. Kierunek przepływu prądu nie ma znaczenia. Nadajnik posiada zestyki /zwarte w stanie spoczynku/ którymi poprzez ich zwieranie i rozwieranie wytwarza impulsy telegraficzne służące do przesłania do odbiornika informacji o nadanym znaku. Jak z tego widać, drugim stanem charakterystycznym sygnału telegraficznego jest brak prądu = 0 mA; stan ten nazywany jest stanem SPACE. Aby przesłać znak zakodowany w alfabecie CCITT NR 2 używanym w amatorskiej radiokomunikacji trzeba wysłać najpierw przerwę w prądzie trwającą 22 ms /impuls startu/, następnie pięć impulsów kombinacyjnych /mogą one być prądowe lub bezprądowe, zależnie od nadanego znaku/, trwających po 22 ms każdy, a na zakończenie impuls stop trwający 33 ms. Impuls ten może być dłuższy, bowiem jego czas trwania nie jest ograniczony od góry. Przebieg prądu dalekopisowego w funkcji czasu dla litery "R" nadawanej z prędkością 45,45 Bodów pokazano na rys. 2. Celem poprawienia stromości zboczy uzyskanych w ten sposób impulsów prądu, a więc zmniejszenia zniekształceń, stosuje się zasilanie obwodu dalekopisowego ze źródła prądu stałego o napięciu od 60 do 120 V.

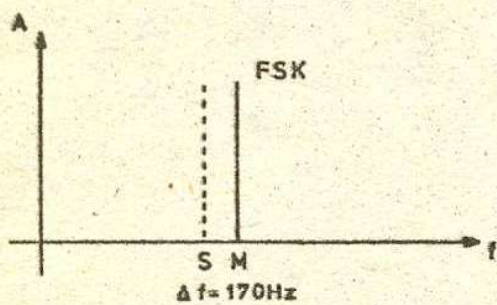
Szeregowo z zestykami nadajnika i elektromagnesem odbiornika włączona jest wówczas taka rezystancja, która umożliwia uzyskanie prądu 40 mA. Połączenie własnego nadajnika szeregowo z odbiornikiem pozwala na samokontrolę nadawania.



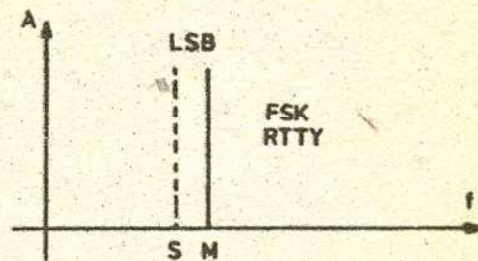
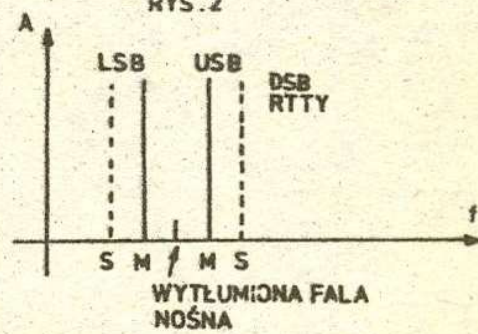
RYS.1



RYS.2



RYS.3



RYS.4

2. Sygnał FSK, AFSK.

Ponieważ prądu 40 mA nie da się wyemitować z anteny, przyjęto przedstawianie dwu stanów charakterystycznych sygnału telegraficznego /tzn. MARK Id = 40 mA i SPACE Id = 0 mA/ za pomocą dwu częstotliwości radiowych, odległych od siebie o tzw. przesuw /Shift/, zaś sygnał taki nazywa się sygnałem FSK /Frequency Shift Keying/. Przesuw dla transmisji amatorskiej wynosi 170 Hz /dawniej używano też przesuwu 850 Hz - głównie na UKF/. Stacje profesjonalne używają też przesuwu 425 Hz. Sygnał FSK przedstawiony jest na rys. 3.

Niektóre transceivery fabryczne posiadają urządzenie do kluczowania częstotliwości VFO za pomocą prądu dalekopisowego tak, że są w stanie od razu wytworzyć sygnał FSK, leżący w paśmie amatorskim. Jednak przeważnie do wytworzenia sygnału FSK używa się nadajników SSB, wykorzystując w tym celu dolną wstęgę boczną /LSB/. Do wejścia mikrofonowego takiego nadajnika doprowadza się dwie częstotliwości akustyczne różniące się między sobą o wartość Shiftu, a więc np. o 170 Hz, a będące odwzorowaniem stanów charakterystycznych sygnału telegraficznego. Uzyskany w ten sposób sygnał pokazuje rys. 4. Ponieważ przyjęto, że częstotliwość radiowa odpowiadająca stanowi MARK leży zawsze powyżej częstotliwości odpowiadającej stanowi SPACE, to ponieważ wykorzystano dolną wstęgę boczną - sytuacja dla częstotliwości akustycznych będzie odwrotna: stanowi MARK będzie odpowiadała mniejsza częstotliwość, zaś częstotliwość stanu SPACE będzie większa od poprzedniej o wartość przesuwu. Częstotliwości te wynoszą odpowiednio: dla stanu MARK 1275 Hz i dla stanu SPACE przy przesuwie 170 Hz wynosi ona 1445 Hz, zaś przy przesuwie 850 Hz odpowiednio 2125 Hz. Jest to standard przyjęty przez IARU, zwany czasem "niskim" /low tones/, bowiem amatorzy ze Stanów Zjednoczonych używają też "wysokich częstotliwości", które wynoszą odpowiednio MARK: 2125 Hz, SPACE: 2295 Hz lub 2975 Hz. Ponieważ jednak wartość przesuwu jest ta sama: 170 Hz, to stacje pracujące różnymi standardami kompensują różnicę częstotliwości przestrojeniem transceivera i współpracują bez kłopotów. Sygnał telegraficzny przetworzony na częstotliwości akustyczne nazywany jest sygnałem AFSK /Audio Frequency Shift Keying/.

3. Modem RTTY.

Zadaniem modemu RTTY jest przekształcenie sygnału AFSK na sygnał telegraficzny oraz sygnału telegraficznego na sygnał AFSK. Istnieje bardzo

wiele rozwiązań układów modemów - od prostych do bardzo skomplikowanych. Najczęściej dla demodulacji sygnału AFSK stosuje się metodę filtrową. Dwa wzmacniacze elektryczne, zbudowane przy użyciu obwodów LC lub układów ze wzmacniaczami operacyjnymi, wykrywają dwie częstotliwości charakterystyczne i za pomocą układu detekcyjnego włączają lub wyłączają prąd dalekopisowy. Schemat takiego demodulatora, opracowany przez Józefa Sielickiego SP3GAX, pokazany jest na rys. 5. Odbiornik modemu posiada układ wykrywający obecność sygnału AFSK, układ sygnalizacji stanów MARK i SPACE oraz przełącznik umożliwiający zmianę przyporządkowania częstotliwości akustycznej stanom MARK i SPACE, czyli tzw. REVERS. Jest to potrzebne wtedy, gdy np. chcemy używać zamiast dolnej - górną wstęgę boczną.

Inny układ demodulatora według DJ6HP przedstawia rys. 6. Zastosowano tu obwody LC. Na schemacie pokazany jest też układ prostego oscyloskopu dla uzyskania obrazu tzw. "Krzyża", który bardzo ułatwia dostrojenie się do korespondenta. Oscyloskop taki można na stałe wmontować do modemu.

Często stosuje się do demodulacji sygnałów AFSK układy PLL /z pętlą fazową/. Przykład takiego układu pokazany jest na rys. 7. Na schemacie tym tranzystor T1 pełni rolę klucza przerywającego prąd w obwodzie dalekopisowym.

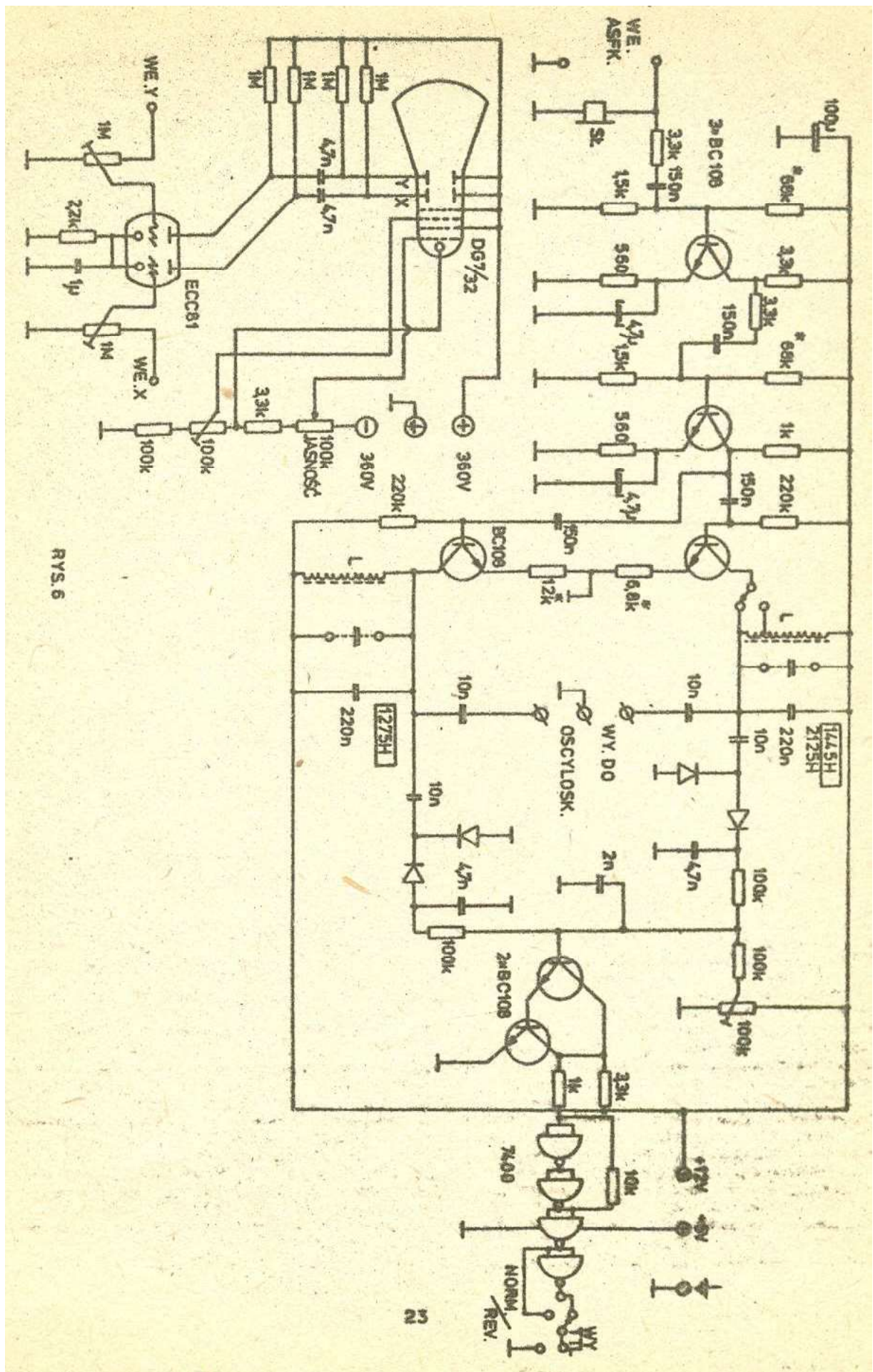
Zamiast tranzystora typu BD 115 może tu również pracować BF 258. Potencjometrem 10 Komów ustawia się częstotliwość graniczną 1200 Hz, zaś wyłącznik W służy do zatrzymywania dalekopisu w czasie nadawania lub gdy na wejściu demodulatora nie ma sygnału AFSK.

Na rys. 8 podano kolejny wariant tego demodulatora ze wzorami pozwalającymi dobierać wartości elementów.

W podanym źródle można znaleźć również analizę pracy takich układów.

W czasopiśmie "Funkamateur nr 10/1980" zamieszczono schemat demodulatora AFSK automatycznego, tzn. pracującego niezależnie od wielkości częstotliwości charakterystycznych i shiftu. Pokazuje to rys. 9.

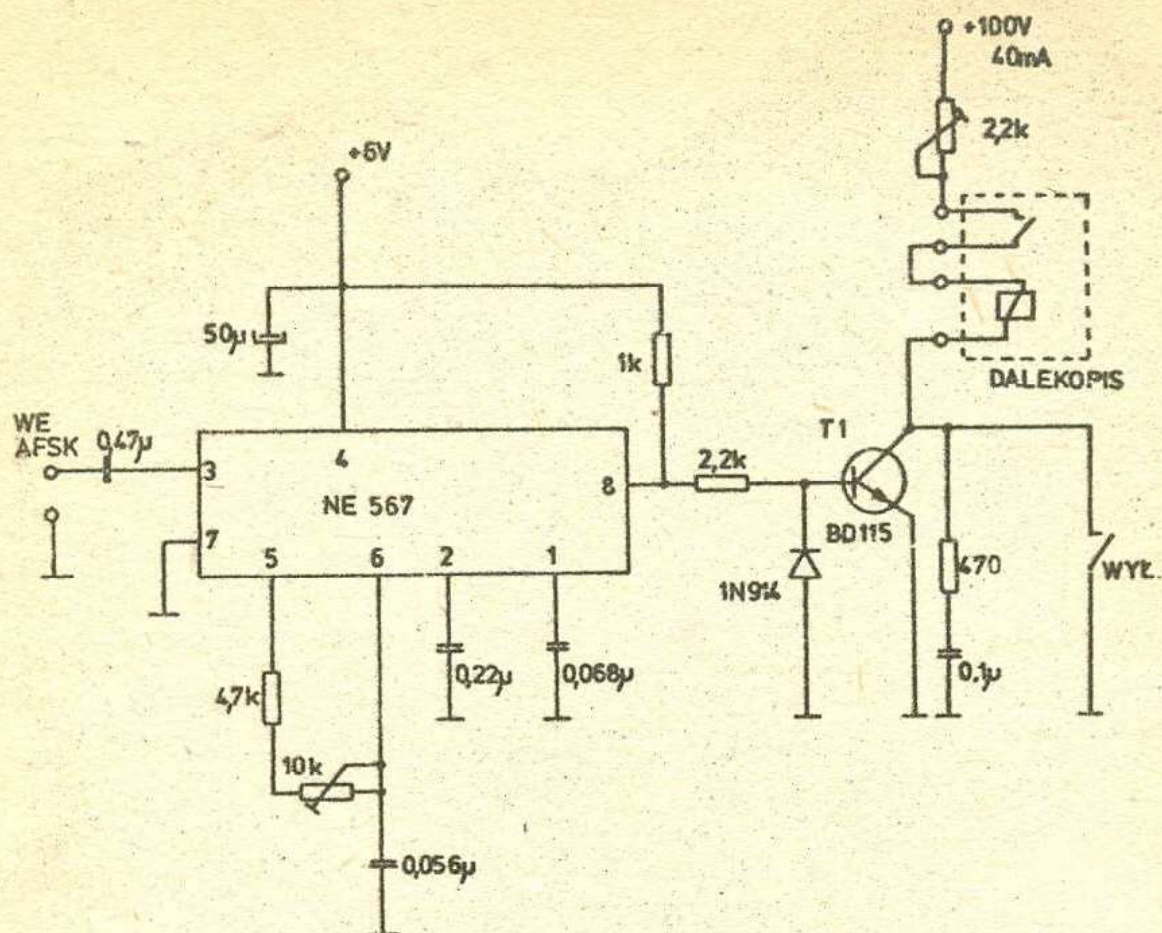
Sygnał AFSK jest tu wzmacniany przez tranzystor T1, a następnie ograniczany - zamieniany na przebieg prostokątny za pomocą przerzutnika Schmidta wykonanego na US1.



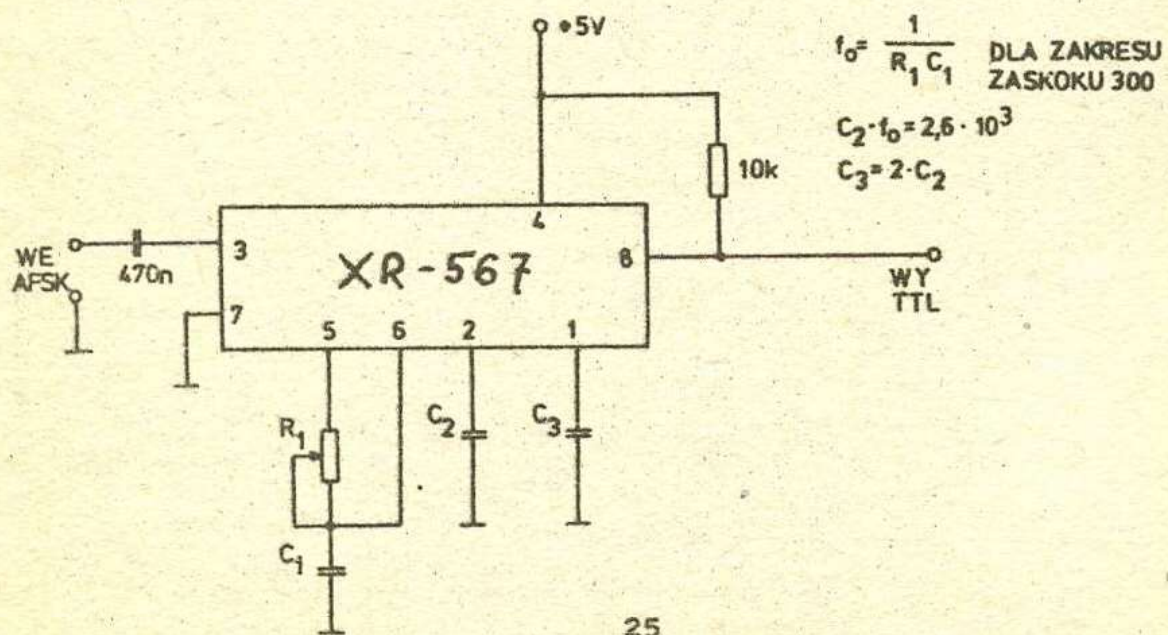
Przebieg ten jest różniczkowany, powstaje więc ciąg impulsów szpilkowych dodatnich i ujemnych, o stałej szerokości i o zmiennej liczbie impulsów na sekundę, zależnie od częstotliwości. Za pomocą diod włączonych na wejściu US2 obcina się impulsy dodatnie bądź ujemne, zależnie od przyporządkowania częstotliwości charakterystycznej stanu MARK lub SPACE. Impulsy te są następnie całkowane w integratorze Millera, zbudowanym z wykorzystaniem US2 i uzyskany przebieg jest filtrowany przez filtr dolnoprzepustowy, wykonany na układzie US3. Na wyjściu filtra mamy już falę prostokątną, odpowiadającą sygnałom telegraficznym, ale o amplitudzie zmieniającej się w zależności od shiftu i składowej stałej, zależnej od wielkości częstotliwości charakterystycznych. Następny stopień, to tzw. "pływający komparator", gdzie na wejście odwracające US4 podaje się uzyskany w US3 sygnał telegraficzny, zaś na wejście nie odwracające ten sam sygnał po scałkowaniu, a więc jego składową stałą. Na wyjściu US4 otrzymuje się sygnał telegraficzny o stałej amplitudzie i bez składowej stałej. Sygnał ten jest regenerowany w przerzutniku Schmidta wykonanym na US5, a następnie za pośrednictwem tranzystora T2 jest podawany na bazę tranzystora T3, który kluczuje prąd dalekopisowy.

Inny sposób demodulacji sygnału AFSK opisał HB9MTE w czasopiśmie "Old Man 1/1981". Demodulację uzyskuje się tu przez porównanie częstotliwości AFSK z pewnym wzorcem za pomocą układu cyfrowego. Zasada pracy układu pokazana jest na rys. 10.

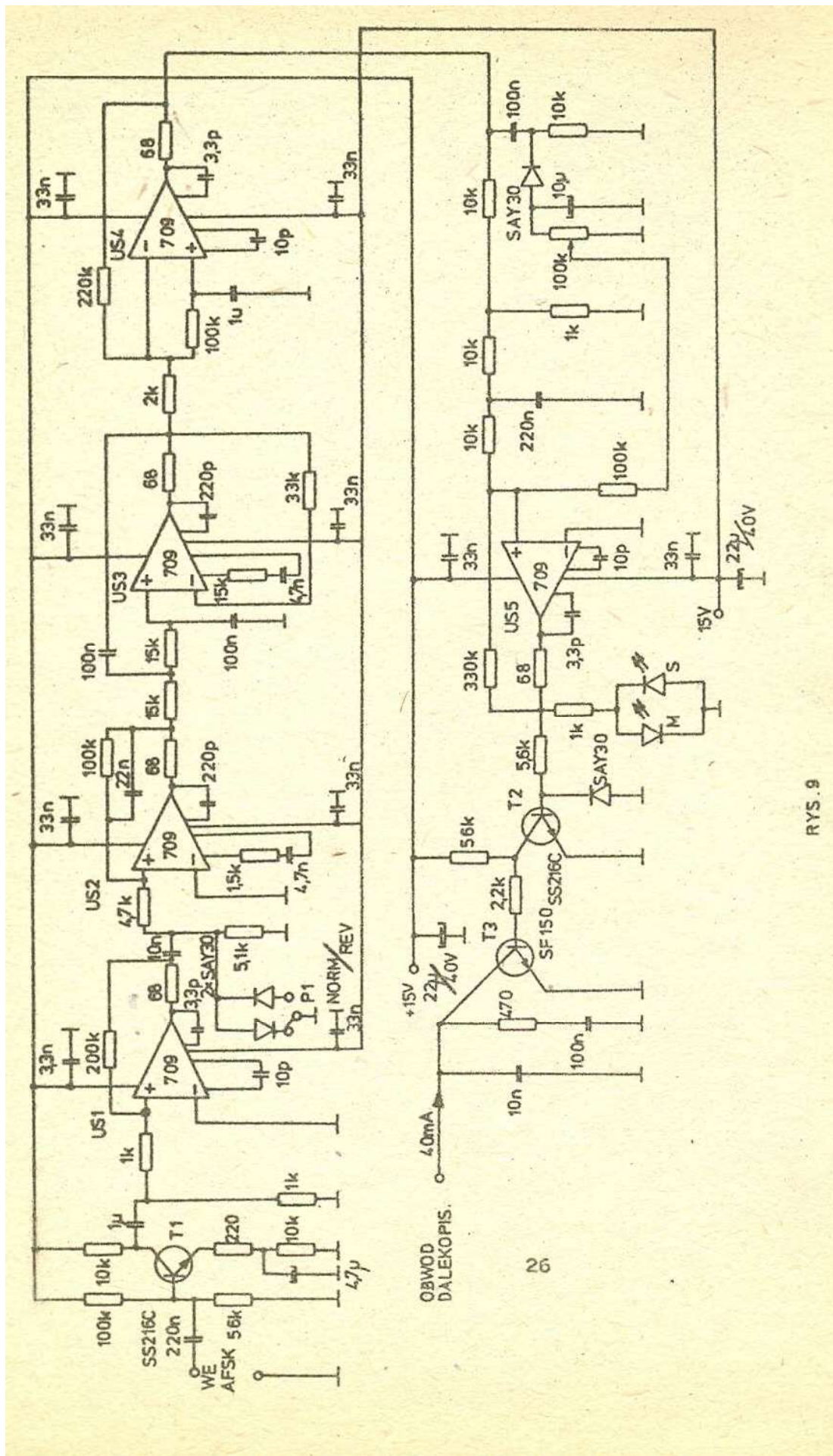
Jeśli na wejście przyłożymy tu częstotliwość 1275 Hz w postaci fali prostokątnej o poziomach napięciowych TTL, to okres tej fali będzie trwał 490 μ s i na taki czas będzie owierana bramka 7413, przez którą impulsy 2 μ s są podawane na licznik. W tym czasie licznik zliczy więc $490/2 = 245$ impulsów. Jeśli liczba impulsów zliczona przez licznik jest większa od 245, to częstotliwość przekracza 1275 Hz. Jeżeli teraz uzyskaną liczbę impulsów zapamiętamy przy użyciu ośmiu przerzutników wykonanych na układach 74175 i porównamy z liczbą odniesienia 230, czyli w układzie dwójkowym 11100110, to na wyjściach komparatora otrzymamy falę prostokątną, odpowiadającą sygnałom telegraficznym. Dodatkowo na wejściu układu może pojawić się do 15 impulsów zakłócających, nie powodując przy tym przekłamania sygnału. Według podobnej zasady /algorytmu/ działają też niektóre programy systemów mikroprocesorowych, dekodują



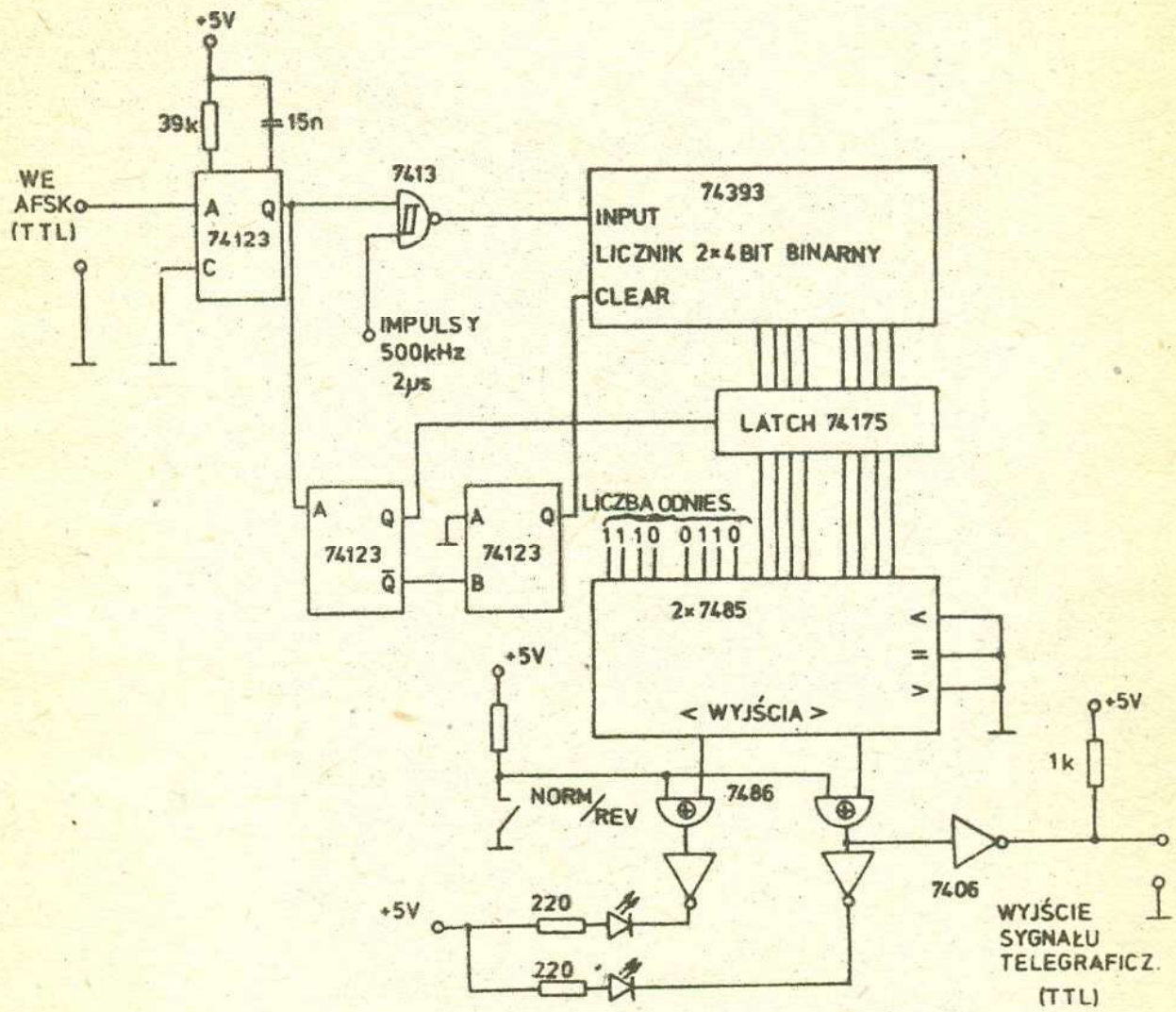
RYS. 7 DEMODULATOR AFSK WG. LA1JQ



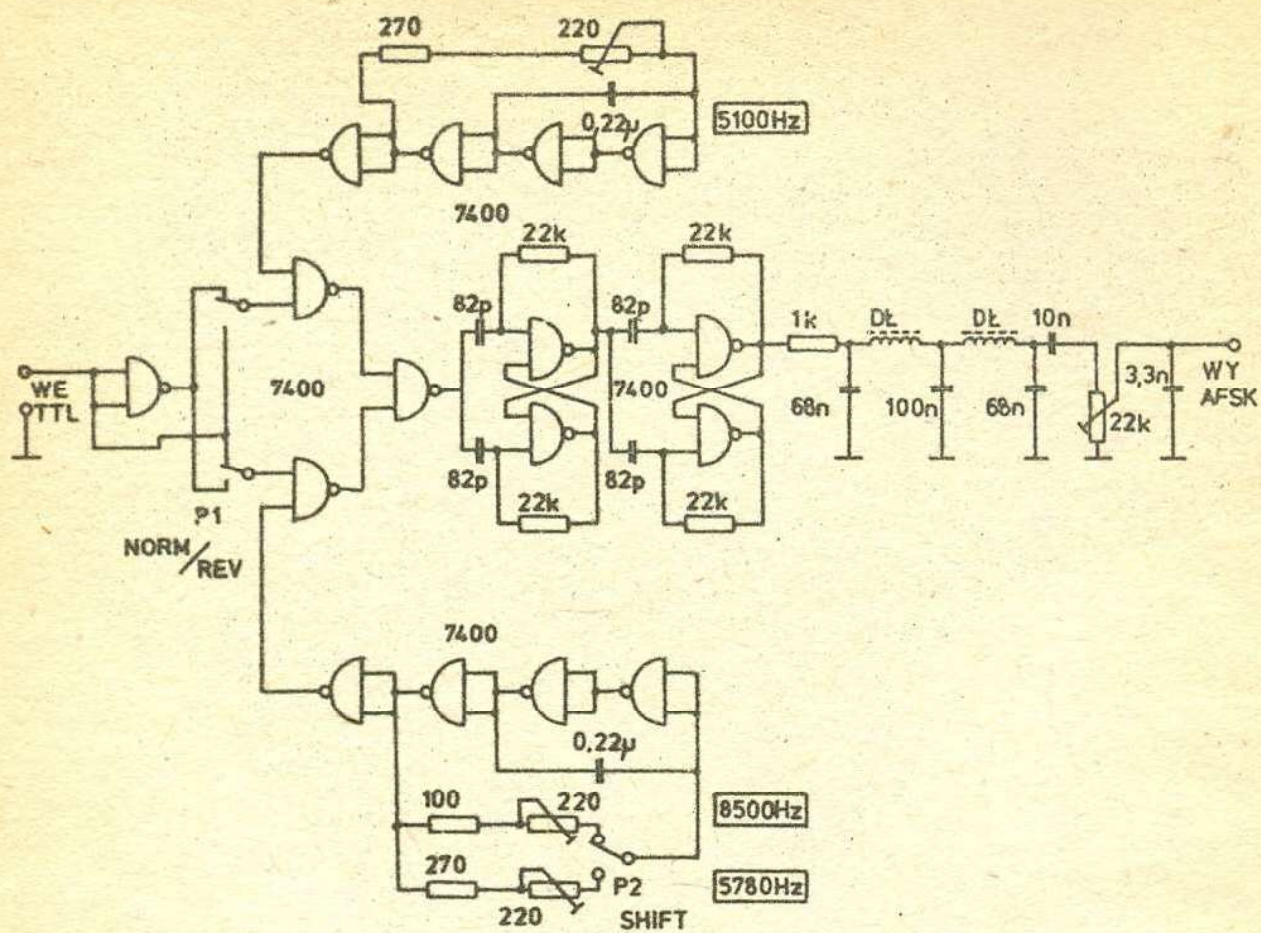
RYS. 8 DEMODULATOR AFSK. WG. „UKŁADY ANALOGOWE W SYSTEMACH CYFROWYCH” PATRICK H. GARRET WNT 1981.



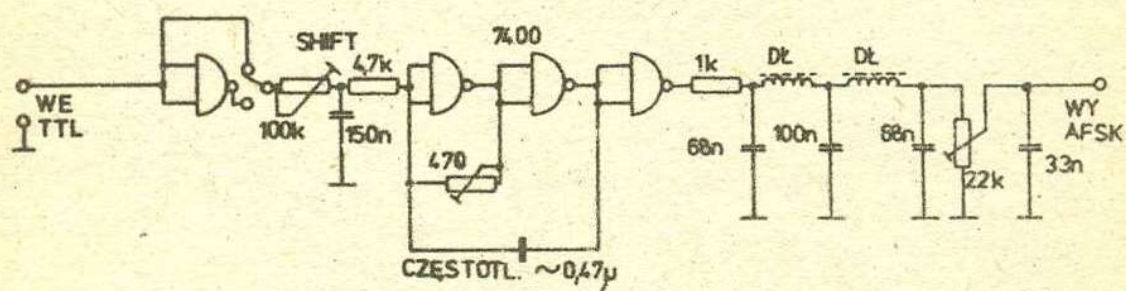
RYS. 9



RYS.10



RYS.12



RYS.13

jących bezpośrednio sygnały AFSK. Drugim ważnym podzespołem modemu jest generator AFSK. Tu również występuje wiele odmian - ważne jest, aby taki generator dostarczał sygnał sinusoidalny z możliwie małymi zniekształceniami oraz bez skoków fazy. Przykład generatora z obwodem LC znajduje się na rys. 11.

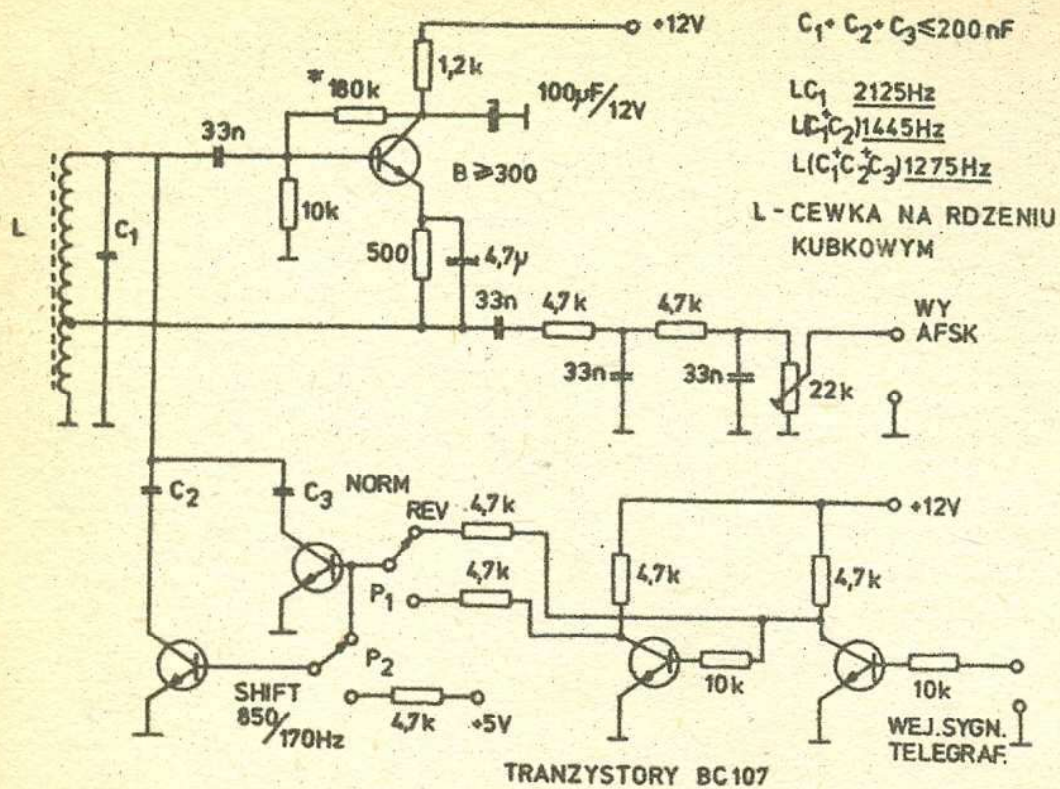
Indukcyjność L wykonana na ferrytowym rdzeniu kubkowym powinna mieć taką ilość zwojów, aby z pojemnością C_1 = od 20 do 30 nF generator oscylował na częstotliwości 2125 Hz. Po dołączeniu pojemności C_2 częstotliwość powinna wynosić 1445 Hz. Równoległe dołączenie C_1 , C_2 , C_3 powinno zapewnić częstotliwość 1275 Hz. Pozostała część układu nie wymaga omówień. Układ generatora AFSK można zbudować przy użyciu układów cyfrowych. Schemat generatora, w którym zastosowano łatwe do nabycia układy UCY 7400, znajduje się na rys. 12.

Generatory RC wykonane z użyciem bramek 7400 pracują tu na czterokrotnie wyższej częstotliwości niż wyjściowy sygnał AFSK; zmniejsza to występujące w tym układzie skoki fazy. Częstotliwość uzyskana z generatorów, wybrana za pomocą układu bramek - zależnie od stanu na wejściu sygnału telegraficznego, jest następnie dzielona przez 4 na dwu przerzutnikach. Można tu też użyć dwu przerzutników z układu UCY 7474 albo podobnych. Po podzieleniu i uzyskaniu sygnału AFSK z poziomem TTL należy go odfiltrować tak, aby jego przebieg był możliwie zbliżony do sinusoidalnego. Do tego celu służy filtr dolnoprzepustowy, którego indukcyjności powstały przez nawinięcie uzwojeń do wypełnienia drutem Cu em. \varnothing 0,01 małych rdzeni kubkowych o średnicy zewnętrznej 15 mm.

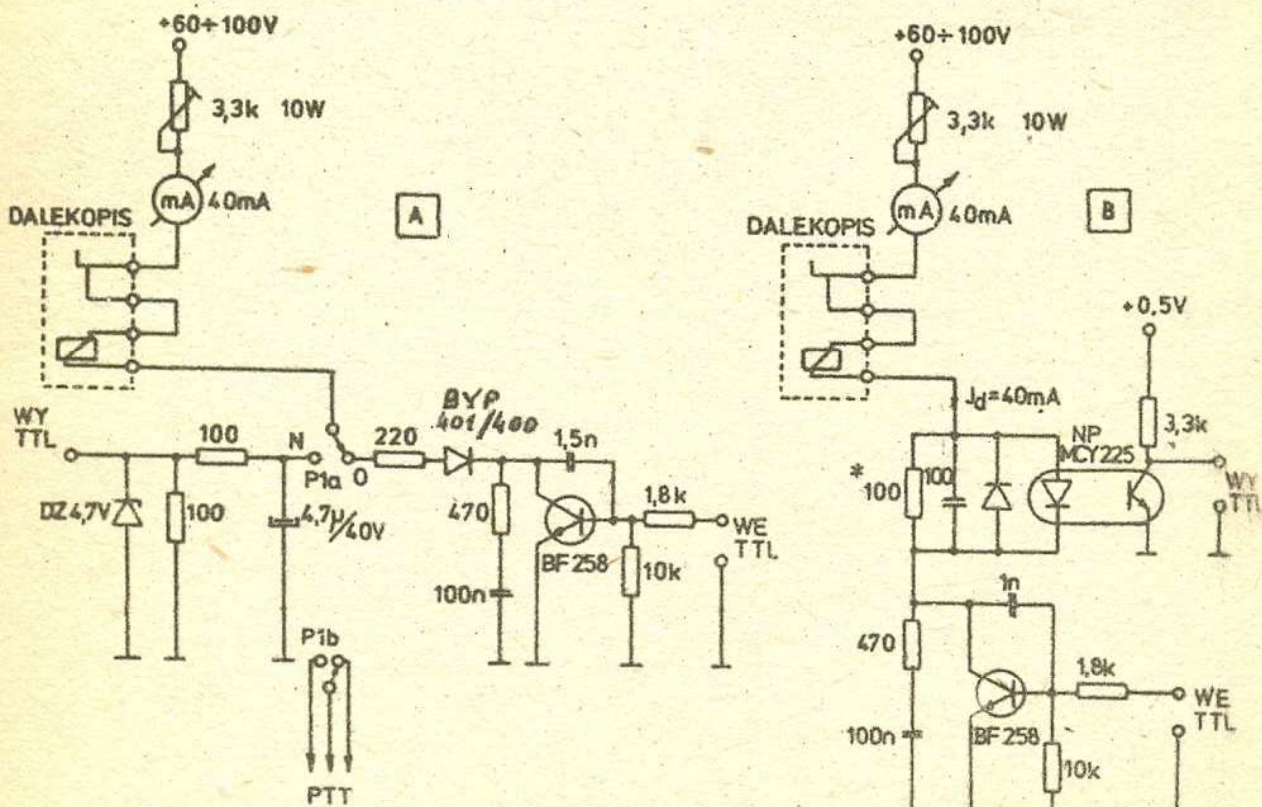
Jeszcze większą prostotą odznacza się układ z rys. 13, na jednym układzie UCY 7400.

Filtr jest wykonany identycznie jak dla układu z rys. 12.

Po omówieniu demodulatorów i modulatorów sygnału AFSK należy wspomnieć też o obwodzie dalekopisowym. Tu również możliwe jest zastosowanie różnych rozwiązań. Najczęściej styki nadajnika łączy się szeregowo z cewką elektromagnesu odbiorczego i przez tak powstały obwód powinien płynąć prąd o natężeniu 40 mA. Kierunek przepływu prądu nie ma znaczenia. Przykładowe rozwiązanie obwodu dalekopisowego znajduje się na rys. 14.



RYS.11



RYS.14

W układzie transoptorem /rys. 14 b/ należy w czasie nadawania doprowadzić na wejście TTL stan H.

Podane układy uzupełnione o zasilacz umożliwiają zestawianie wielu układów modemu RTTY - od prostych do bardziej skomplikowanych, pozwalających uzyskać dostatecznie dobre parametry. Jakość pracy całego urządzenia można znacznie poprawić, włączając na wejściu dekodera filtr LC, przepuszczający tylko pasmo akustyczne zajmowane przez AFSK, a po nim ogranicznik amplitudy.

Bartosz SP3CAI

Sposób wykonania cewek transvertera 14/144 kHz

