

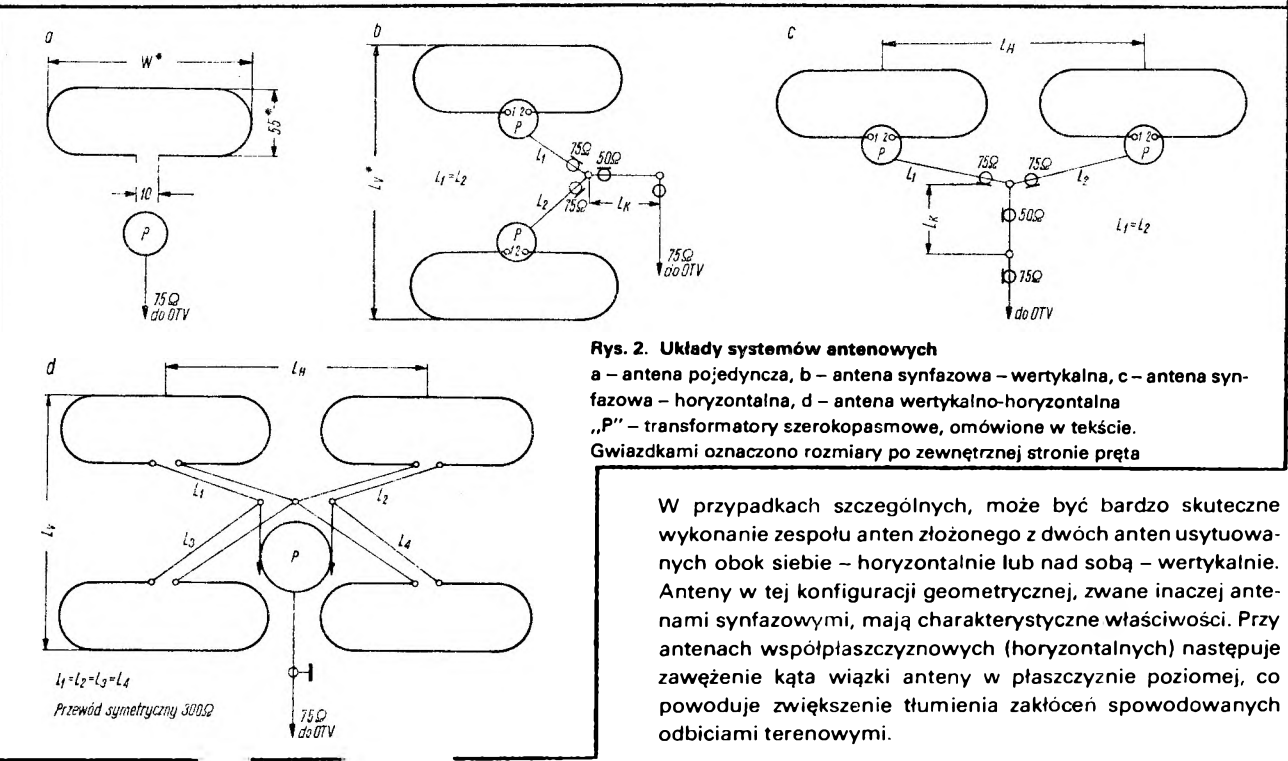
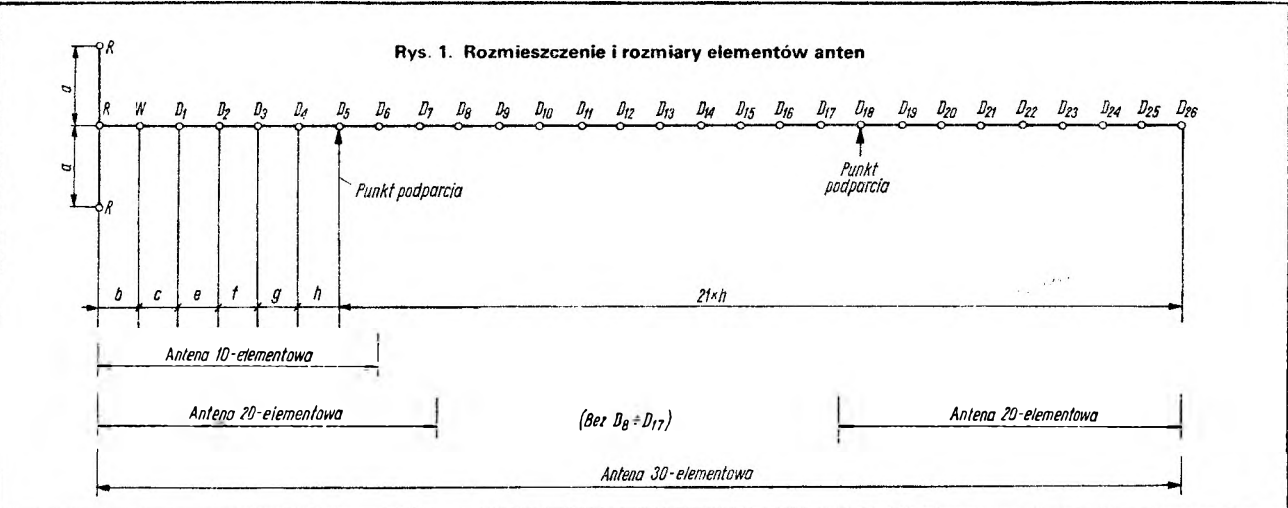
Wieloelementowe anteny YAGI dla IV i V zakresu UHF

mgr inż. WITOLD CHABROWSKI

Opisane w niniejszym artykule systemy anten zostały opracowane na podstawie dostępnej w kraju literatury, głównie węgierskiej, dość szczegółowo obejmującej tematykę odbioru odległych stacji nadawczych pracujących w IV i V zakresie TV (UHF). Posiadanie anten o odpowiednim zysku jest szczególnie ważne dla posiadaczy odbiorników telewizji kolorowej, gdyż w warunkach znacznej odległości między nadajnikiem a odbiornikiem lub niekorzystnego ukształtowania terenu, niski poziom sygnału antenowego w znacznym stopniu ogranicza walory emisji kolorowej lub całkowicie uniemożliwia jej odbiór. Objawia się to znacznym „zaśnieniem” obrazu, kolorowymi smugami lub całkowitym brakiem koloru.

Wiadomo, że anteny na IV i V zakresie TV, w pobliżu granic zasięgu muszą charakteryzować się zyskiem energetycznym 16...17 dB, co w przybliżeniu odpowiada liczbie 30...35 elementów promieniujących, czyli muszą mieć długość około $8 \lambda_{67}$. Anteny przedstawione na rys. 1, których wymiary zestawiono w tabelicy, mają następujące parametry:

- **antena 30-elementowa**
 - zysk energetyczny: około 18,5 dB
 - kąt wiązki: 18°
 - stosunek sygnału „przód-tył”: 28 dB
- **antena 20-elementowa**
 - zysk energetyczny: około 16,5 dB
 - kąt wiązki: 25°
 - stosunek sygnału „przód-tył”: 26 dB.



W przypadkach szczególnych, może być bardzo skuteczne wykonanie zespołu anten złożonego z dwóch anten usytuowanych obok siebie – horyzontalnie lub nad sobą – wertykalnie. Anteny w tej konfiguracji geometrycznej, zwane inaczej antenami synfazowymi, mają charakterystyczne właściwości. Przy antenach współpłaszczyznowych (horyzontalnych) następuje zawężenie kąta wiązki anteny w płaszczyźnie poziomej, co powoduje zwiększenie tłumienia zakłóceń spowodowanych odbiciami terenowymi.

Przy antenach piętowych (wertykalnych) następuje zawężenie kąta wiązki anteny w płaszczyźnie pionowej, co powoduje zwiększenie tłumienia zakłóceń docierających pod dużym kątem elewacji, np. od samochodów, trakcji elektrycznej itp. Powyższe układy anten, charakteryzuje ponadto przyrost zysku energetycznego (w stosunku do zysku pojedynczej anteny) teoretycznie o +3 dB, a praktycznie (z uwagi na niedokładności w wykonaniu anten i straty w kablu połączeniowym) wielkość ta wynosi +2,5 dB.

Istnieje również konfiguracja czterech anten, łącząca w sobie zalety anten synfazowych horyzontalnych i wertykalnych, zaś przyrost zysku energetycznego w tym przypadku wynosi +5 dB. Wymienione układy anten przedstawiono na rys. 2, przy czym odległości L_H i L_V dla anten 10, 20, 30-elementowych podano w tablicy. W tych przypadkach jest bardzo ważne, aby żyły kabli współosiowych były dołączone w punktach 1 lub 2, tzn. aby końce wibratorów odpowiadały sobie (patrz rys. 2). Niespełnienie tego warunku uniemożliwi całkowicie pracę

anten, gdyż wskutek przeciwnych faz sygnału na końcach wibratorów skompensują się i sumaryczny sygnał z anten może być równy zeru. Transformator szerokopasmowy UHF 300/75 Ω wykonano wykorzystując do tego celu płytkę wejść VHF i UHF, pochodzącą z głowicy ZTG o dwóch wejściach 300 Ω . Głowice tego typu są obecnie stosowane w niektórych typach odbiorników telewizyjnych. Z omawianej płytki odcięto transformator ferrytowy VHF 300/75 Ω , pozostawiając fragment płytki z przynitowanym od spodu metalowym ekranem, którego nie należy zdejmować.

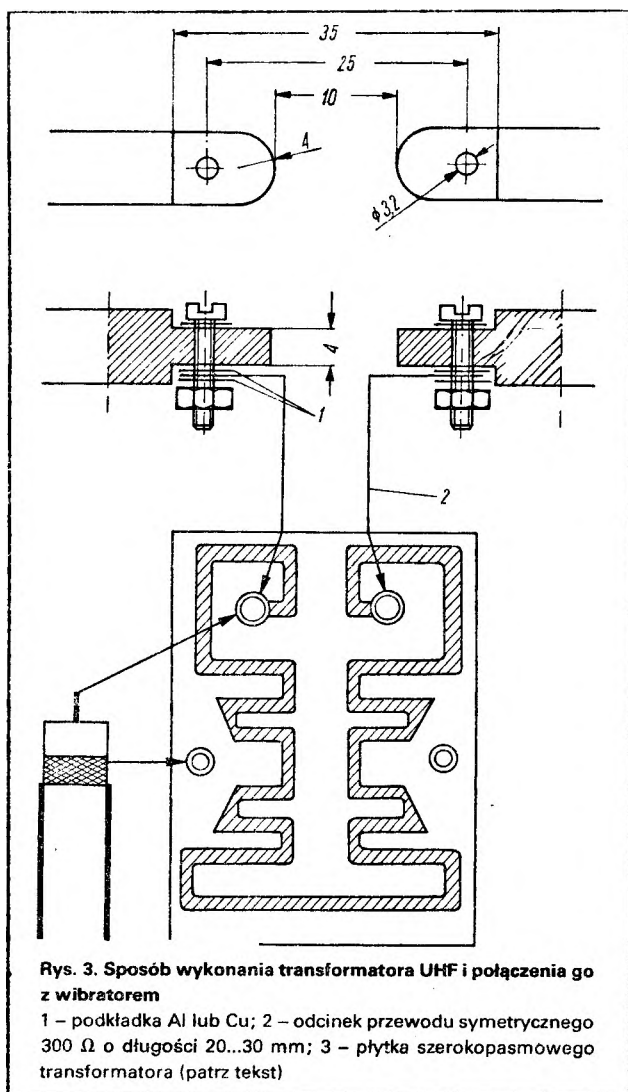
Sposób połączenia transformatora szerokopasmowego UHF z końcówkami wibratora przedstawiono na rys. 3. Na rysunku tym uwidoczniło również bardzo ważny szczegół zakończenia prętów wibratora.

Końce wibratora wraz z transformatorem szerokopasmowym powinny być zamknięte w szczelnej polistyrenowej obudowie. Połączenie obydwu anten wg rys. 2b,c wymaga zastosowania odcinka L_K w celu dopasowania dwóch kabli współosiowych

Dane konstrukcyjne wieloelementowych anten

Element \ Kanał	21-25	(21-) 26-30	(21-) 31-35	(21-) 36-40	(26-) 41-45	(31-) 46-50	(36-) 51-55	(41-) 56-60	(46-) 61-68
R	425	305	368	345	324	306	290	275	254
W	346	321	300	280	264	249	236	224	207
D ₁	258	239	223	209	196	185	175	160	154
D ₂	248	230	214	201	189	178	169	160	148
D ₃ , D ₄	246	228	212	199	187	176	167	159	147
D ₅ ...D ₈	243	226	210	197	185	175	165	157	145
D ₉ ...D ₁₂	241	223	208	195	183	173	164	155	144
D ₁₃ ...D ₂₆	238	221	206	193	181	171	162	154	142
a	143	133	124	116	109	106	98	93	86
b	94	87	81	76	71	67	64	60	56
c	27	25	23	22	20	19	18	17	16
e	77	71	66	62	58	55	52	50	46
f	160	149	139	130	122	115	109	104	96
g	170	158	147	138	130	122	116	110	102
h	182	169	158	148	139	131	124	118	109
L _{H30}	1850	1720	1620	1500	1410	1340	1260	1200	1110
L _{V30}	1850	1720	1620	1500	1410	1340	1260	1200	1110
L _{H20}	1300	1240	1160	1080	1020	960	910	865	800
L _{V20}	1300	1240	1160	1080	1020	960	910	865	800
L _{H10}	835	770	725	680	635	600	570	540	500
L _{V10}	765	710	665	620	585	550	520	495	455

- 1) Liczby w nawiasach oznaczają, że dana antena może pracować od tego numeru kanału, lecz ze wzmocnieniem mniejszym o 4...5 dB.
- 2) Wysokość elementu wibratora podano na rys. 2. Wielkość ta jest wspólna dla wszystkich grup antenowych.



Rys. 3. Sposób wykonania transformatora UHF i połączenia go z wibratorem

1 – podkładka Al lub Cu; 2 – odcinek przewodu symetrycznego 300 Ω o długości 20...30 mm; 3 – płytka szerokopasmowego transformatora (patrz tekst)

75 Ω połączonych równolegle (rezystancja wypadkowa 37,5 Ω) z pojedynczym kablem współosiowym o oporności falowej 75 Ω . Odcinek L_K , który należy wyliczyć z poniższego wzoru:

$$L_K = \frac{\lambda_{sr}}{2} \cdot 0,66 \text{ dla pełnego dielektryku w kablu}$$

$$L_K = \frac{\lambda_{sr}}{2} \cdot 0,77 \text{ dla piankowego dielektryku w kablu}$$

może być wykonany z kabla o oporności falowej 50 Ω , typu WL 50-0,96/2,95 lub WL 50-2,25/7,25. Zastosowanie kabla drugiego typu zmniejszy straty na tym przejściu.

Za λ_{sr} przyjmuje się długość fali (w metrach), wyliczoną ze wzoru:

$$\lambda_{sr} = \frac{300}{f_{sr} [\text{MHz}]} = \frac{300}{\sqrt{f_{nw} \cdot f_{nf}}} [\text{m}]$$

przy czym:

f_{nw} i f_{nf} – częstotliwości nośne wizji i fonii dla określonego kanału.

W przypadku odbioru na jednej antenie dwóch lub więcej programów (w grupie kanałów, na które jest ona obliczona), należy wyliczyć λ_{sr} tych kanałów oraz λ_{sr} wypadkową, którą należy podstawić do wzoru określającego długość odcinka L_K :

$$\lambda_{sr \text{ wyp}} = \sqrt{\lambda_{sr1} \cdot \lambda_{sr2} \cdot \dots \cdot \lambda_{srn}}$$

Punkty połączeń odcinka kabla L_K z kablami współosiowymi prowadzącymi do anten i do telewizora, należy umieścić w puszcze po zwrotnicy antenowej dowolnego typu.

W celu uzyskania najlepszego odbioru na zakresie UHF należy stosować jako połączenie między anteną a odbiornikiem TV kabel współosiowy produkcji NRD typu 75-7-G lub kabel produkcji krajowej typu WD 75-1,2/7,25 albo WL 75-1,2/7,25.

Tłumienie kabla o długości 100 m przy częstotliwości 600 MHz wynosi:

dla typu 75-7-G – 14 dB

dla typu WD 75-1,2/7,25 – 20 dB

dla typu WL 75-1,2/7,25 – 23 dB.

Często stosowany w kraju cienki kabel współosiowy typu WL-75-0,63/3,7 nie nadaje się do instalacji antenowych UHF, szczególnie w zakresie największych częstotliwości, gdyż jego tłumienie wynosi (odcinek 100 m) 50 dB przy 600 MHz i 67 dB przy 800 MHz.

Cienkie kable współosiowe produkcji NRD typu 75-4-1 i 75-4-2 są znacznie lepsze, niż podobne krajowe, gdyż ich tłumienie (odcinek 100 m) przy 600 MHz wynosi odpowiednio 36 i 31 dB. Zastosowanie niewłaściwego kabla antenowego, szczególnie w trudnych warunkach odbioru, może wręcz uniemożliwić odbiór, gdyż cały sygnał pochodzący z anteny zostanie stracony w przewodzie antenowym.

Lepszym rozwiązaniem może się okazać zastosowanie wzmacniaczy antenowych produkcji krajowej typu WA-3/IV dla kanałów 21...41 lub wzmacniacza szerokopasmowego produkcji „Zemsta” dla kanałów 1...60. Zastosowanie wzmacniacza antenowego z niewłaściwym kablem jest jedynie półśrodkiem i może nie dać oczekiwanego rezultatu.

Podczas budowy anteny należy zwrócić szczególną uwagę na dokładność wykonania poszczególnych elementów. Tolerancja wykonania prętów reflektorów, direktorów oraz wibratorów nie powinna być większa niż $\pm 0,5$ mm. Dokładność rozstawienia elementów powinna wynosić ± 1 mm.

W celu ułatwienia konstrukcji anteny przedstawiono na rys. 4 sposób połączenia rury nośnej reflektorów z rurą nośną wibratora i direktorów.

Sposób połączenia rury nośnej wibratora i direktorów z rurą wsporczą podtrzymującą antenę przedstawiono na rys. 5. Punkty podparcia są oznaczone strzałkami na rys. 1.

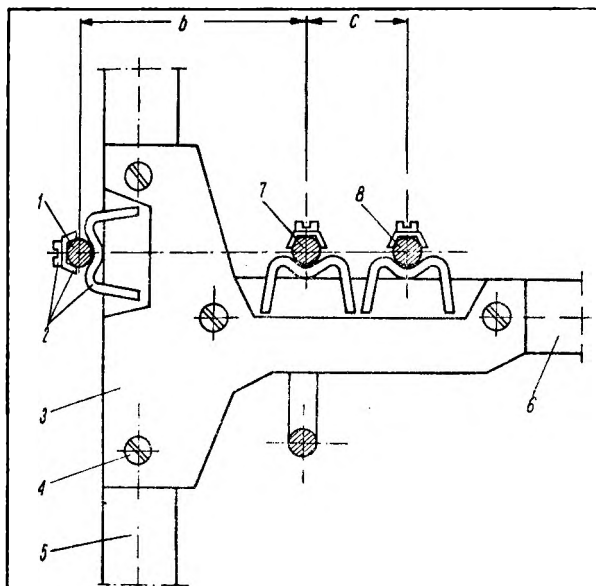
Umocowanie wibratora i direktorów na rurze nośnej należy wykonać w taki sposób, aby wszystkie te elementy leżały w jednej płaszczyźnie. Zależy to od dokładnego wyznaczenia punktów ich mocowania, leżących dokładnie na przeciwnych liniach prostych, przebiegających wzdłuż powierzchni rury. Wyznaczenie tych linii ułatwia prosty przyrząd wykonany przez autora. Składa się on z metalowej tulei o średnicy otworu suwliwie pasowanej z rurą nośną i przyspawaną metalową płytką, tworzącą podstawę. Na przeciwnych ściankach tulei, prostopadle do jej osi, wykonano dwa otwory gwintowane M3. Tak wykonany przyrząd nasunięto na rurę nośną przymocowaną prowizorycznie do równego podłoża. Wykorzystano do tego celu belkę dużego dwuteownika. Po odpowiednim wkręceniu w otwory gwintowników M3 z ostrymi końcami, przesuwając przyrząd wzdłuż rury, otrzymano dwie przeciwległe linie (rys) dokładnie rozmieszczone wzdłuż powierzchni rury.

Aby ułatwić wykonanie konstrukcji mechanicznej autor zastosował kompletne zespoły mocujące pręty reflektorów, wibratora i direktorów, z fabrycznych anten typu ATZ-13/21...39.

* * *

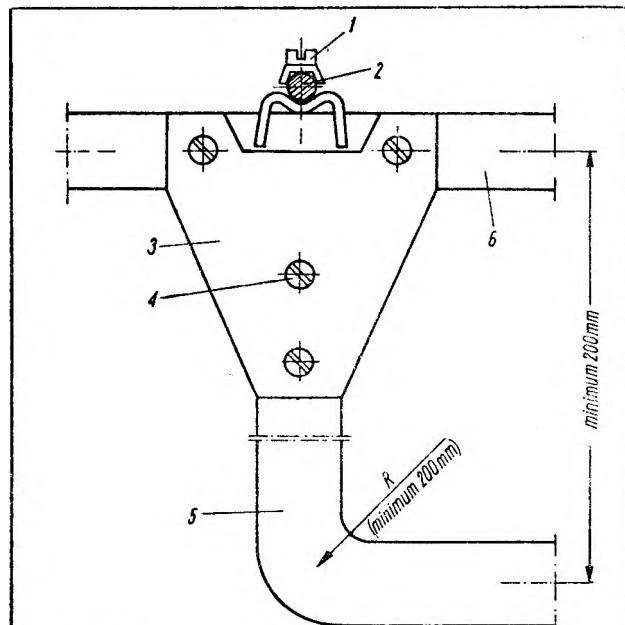
Do prac nad opisanymi systemami antenowymi zmusiły autora warunki odbioru sygnałów TV (głównie kolorowej), występujące w południowo-zachodniej części województwa siedleckiego.

* Wzmacniacze antenowe na zakres IV i szerokopasmowe na zakres I...V produkuje „ELSTERN” – Rawicz (ogłoszenie w „Radioelektroniku”)



Rys. 4. Sposób połączenia rury nośnej wibratora i direktorów z rurą nośną reflektorów

1 – pręt reflektora $\varnothing 8$ mm Al; 2 – elementy mocujące; 3 – nakładki (blacha Al lub stalowa $\approx 1,5$ mm) wiążące rury nośne; 4 – wkręty M5 $\times$ 35 mm; 5 – rura nośna reflektora $\varnothing 22$ mm Al; 6 – rura nośna wibratora i direktorów $\varnothing 20$ mm Al; 7 – przekrój pręta wibratora $\varnothing 8$ mm Al; 8 – przekrój pręta direktorów $\varnothing 8$ mm Al



Rys. 5. Sposób połączenia rury nośnej wibratora i direktorów z rurą wsporcą

1 – elementy mocujące; 2 – przekrój pręta direktora; 3 – nakładki (blacha stalowa lub Al $\approx 1,5$ mm) wiążące rurę nośną z rurą wsporcą; 4 – wkręty mocujące M5 $\times$ 35 mm; 5 – rura wsporcza $\varnothing 22$ mm stal. lub Al; 6 – rura nośna wibratora i direktorów

kiego. Po uruchomieniu w 1983 r. nadajników UHF I i II programu TV w miejscowości Łosice-Chotycze (obok Siedlec) emitujących program I w kanale 52 z mocą 10 kW, a program II w kanale 37 z mocą 2 kW, autor wykonał dwie 30-elementowe anteny dla grupy 36...56 kanałów w połączeniu synfazowym, stosując kabel zasilający typu WL 75-1,2/7,25. Uzyskany odbiór przeszedł wszelkie oczekiwania, zarówno w 37 jak i w 52 kanale. Obraz jest bardzo dobrej jakości z minimalnym, prawie niezauważalnym zaśnieniem.

Zastosowany dodatkowo wzmacniacz antenowy UHF prod. francuskiej, o wzmacnieniu 28 dB, umożliwił, po podziale sygnału, zasilanie dwóch odbiorników telewizji kolorowej.

Jakość odbioru znacznie poprawiła się w każdym z dwóch odbiorników.

Na zakończenie warto zwrócić uwagę, że produkowane obecnie przez zakłady Polkat 13-elementowe anteny UHF (zysk około 10 dB) prawdopodobnie nie zapewnią poprawnego odbioru na krańcach województwa siedleckiego w odległościach rzędu 90...100 km. Antena taka będzie obejmować grupę kanałów IV lub V zakresu. Pewnym rozwiązaniem w tym przypadku może być zastosowanie oddzielnych anten dla IV zakresu (program II) i V (program I). Jednakże z powodu braku krajowych zwrotnic UHF (IV/V zakres) nie będzie możliwe przesyłanie sygnałów I i II programu wspólnym kablem.