

Fazowane tri-banderów

(SP7HT: tłumaczenie artykułu: „Stacking Tribanders: a Super Station – Sorta”, opublikowanego w lutym numerze miesięcznika QST, 1994; autorstwa N6BV/1 oraz K1VR)

Motto: *chciałbyś poprawić potencjał DX-owy oraz Contestowy swojej stacji? Ale nie masz „hektarów” niezbędnych dla pomieszczenia wielu masztów. A może fazowane tri-bandery rozwiążą Ci problem?*

Fazowane anteny typu Yagi plasują się na samym szczycie potencjału DX oraz Contest. Dlatego są stosowane od kilku dekad. Wiele stacji, słusznie zaliczanych do grupy „top”, wykorzystuje w Contestach kilka masztów, na których są instalowane piętrowo fazowane długie Yagi typu mono-band.

Zazwyczaj, poszczególny maszt jest dedykowany dla jednego pasma. Wymaga to odpowiednio dużego terenu oraz wielu masztów. Co rzutuje na koszt przedsięwzięcia. Mogą pozwolić sobie na to tylko nieliczni. Większości z nas nie stać na inwestycje zakrojone na tak szeroką skalę jak: 5 elementów Yagi nad 5 elementami Yagi nad 5 elementami Yagi nad 5 elementami Yagi, odpowiednio na pasma amatorskie 10, 15 oraz 20 metrów. A do tego – koniecznie - 3 elementy Yagi nad 3 elementami Yagi na pasmo 40 metrów. Odstępując (ze względów oczywistych) od aż tak ambitnych rozwiązań można poprawić potencjał DX / Contest stacji fazując popularne tri-bandery.

A właściwie, po co fazujemy anteny Yagi?

Szczegółowe studia komputerowymi modelami propagacji w jonosferze w zakresie fal krótkich wykazały, że dla konsekwentnego wykorzystywania wszelkich otwarć propagacyjnych potrzebny jest dosyć szeroki wachlarz kątów promieniowania anten w płaszczyźnie elewacji. Badania te dotyczą wszystkich faz jedenastoletnich cykli aktywności Słońca i wpływu promieniowania Słońca na stan propagacji na falach krótkich. Były prowadzone z uwzględnieniem różnic po stronach odbiorczej i nadawczej dla szerokiej gamy lokalizacji stacji krótkofalarskich.

Przykładem niech będzie Tabela 1 poniżej.

Zakres kątów elewacji przydatnych dla propagacji w poszczególnych pasmach amatorskich pomiędzy Nową Anglią a Europą		
Pasma	Zakres kątów elewacji dla QSO przez 99% czasu z Europą Zachodnią	Zakres kątów elewacji dla QSO przez 99% czasu z Europą Wschodnią
80 metrów	5,2 - 33	13,4 - 23,7
40 metrów	4,9 - 19,3	3,0 - 17
20 metrów	3,3 - 17,0	1,4 - 13,0
15 metrów	3,8 - 13,6	1,0 - 11,7
10 metrów	4,6- 14,0	1,0 - 12,8

Dla innych tras należałoby sporządzić podobne tabele.

Na rysunku **Fig 1** (poniżej) przedstawiono wyliczone programem MNC^2 charakterystyki (oś pozioma: kąty elewacji, oś pionowa: zysk) dwóch różnych zestawów fazowanych anten TH7DX podczas pracy w paśmie 10 metrów. Najwyższa krzywa opisuje zachowanie zestawu trzech anten (90, 60 oraz 30 stóp nad podłożem). Założenie: nad płaskim podłożem o średnich parametrach przewodności i średniej stałej dielektrycznej. Jako porównanie może służyć nałożony na tym samym rysunku wykres zachowania pojedynczej TH7DX zainstalowanej na typowej wysokości 70 stóp. Ponadto, naniesione są charakterystyki promieniowania w płaszczyźnie elewacji pojedynczej TH7DX zainstalowanej na wysokości 40 stóp oraz dipola zainstalowanego na wysokości 90 stóp.

Dlaczego wszystkie wzmocnienia wiązki są wyrażane w dBi a nie w dBd? Ponieważ, dla zestawów 2 lub 3 fazowanych anten, niemożliwym jest ustalenie „porównawczej wysokości dipola” nad podłożem (jest to możliwe dla pojedynczej Yagi, ale nie dla zestawu kilku Yagi zainstalowanych na różnych wysokościach). Na rysunku widać wyraźną różnicę pomiędzy promieniowaniem pojedynczego dipola i promieniowaniem zestawu 3 fazowanych TH7DX. Zwłaszcza dla zakresów kątów elewacji pomiędzy 9,5 a 12 stopni nad podłożem.

Zestaw trzech fazowanych TH7DX (90, 60 oraz 30 stóp nad podłożem) ma w paśmie 10 metrów bardzo korzystną charakterystykę dla bardzo niskich kątów wiązki wypromieniowanej nad podłożem. Utrzymuje się to aż do kąta 11 stopni nad podłożem. Dla tego kąta charakterystyka wiązki zestawu 3 anten TH7DX oraz pojedynczej TH7DX, zainstalowanej na wysokości 40 stóp nad podłożem, przecinają się. Z wykresu widać, że dla kąta tylko 2 stopni nad podłożem zestaw 3 fazowanych TH7DX ma przewagę zysku aż 8dB na pojedynczą TH7DX zainstalowaną na wysokości 40 stóp nad podłożem. Porównanie z 2 fazowanymi antenami TH7DX (70 i 40 stóp nad podłożem) daje przewagę zysku 2dB zestawu 3 fazowanych anten TH7DX.

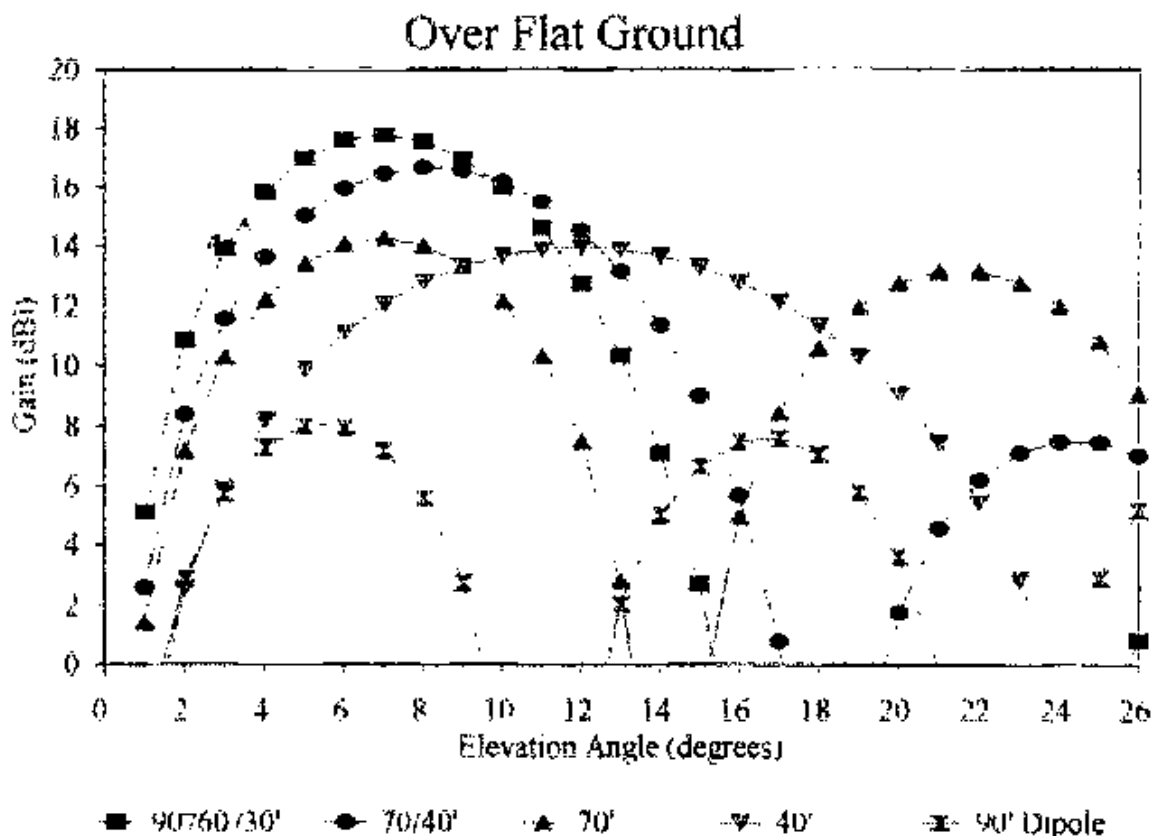


Fig 1

Dla nieco różniących się kątów w płaszczyźnie elewacji, przydatnych do QSO z Europą Zachodnią a Europą Wschodnią, nie widać większych różnic pomiędzy zestawami 3 a 2 fazowanych TH7DX. Pojedyncza TH7DX, zainstalowana na wysokości 90 stóp, traci wiele w stosunku do fazowanych 3 anten TH7DX, gdy występują kąty wyższe niż 9 stopni w płaszczyźnie elewacji. Ma to miejsce podczas optimum propagacji w paśmie 10 metrów pomiędzy Nową Anglią a Zachodnią Europą.

Co szczególnie ważne w Contestach, obie wersje (3 i 2 fazowane TH7DX) są bardziej przydatne ze względu na znacznie szerszy zakres obsługiwanych kątów elewacji aniżeli oferują pojedyncze Yagi.

Na rysunku **Fig 2** porównano charakterystyki w płaszczyźnie elewacji tych samych anten ale podczas pracy w paśmie 15 metrów. Na tym paśmie również najlepszy jest system 3 fazowanych anten TH7DX (90, 60 i 30 stóp). Drugim jest system dwóch fazowanych TH7DX (70 i 40 stóp). Dla większości kątów w płaszczyźnie elewacji pojedyncza TH7DX, zainstalowana na wysokości 70 stóp, jest słabsza (co najmniej) o 3dB od zestawów fazowanych TH7DX. Zestaw trzech fazowanych TH7DX jest dla kąta w płaszczyźnie elewacji = 8 stopni o 7dB mocniejszy niż pojedyncza TH7DX zainstalowana na wysokości 40 stóp. Zestawy fazowane, także w paśmie 15 metrów, zapewniają szerszy zakres dostępnych kątów elewacji aniżeli pojedyncze anteny Yagi.

Rysunek Fig 3 przedstawia podobne charakterystyki podczas pracy w paśmie 20 metrów. Z tym, że dogodne dla dwóch wyższych pasm odległości pomiędzy „piętarami” fazowanych anten okazują się zbyt małe w przypadku pasma 20 metrowego (0,43 długości fali). Skutkuje to nieco mniejszym niż na wyższych pasmach wypadkowym zyskiem fazowanego zestawu w paśmie 20 metrów. Tym niemniej, dla kąta 10 stopni w płaszczyźnie elewacji, zestaw 3 fazowanych TH7DX ma zysk o 6dB większy niż pojedyncza TH7DX zainstalowana na wysokości 40 stóp. Ma także szerszy zakres kątów w płaszczyźnie elewacji aniżeli jakakolwiek pojedyncza antena.

Over Flat Ground

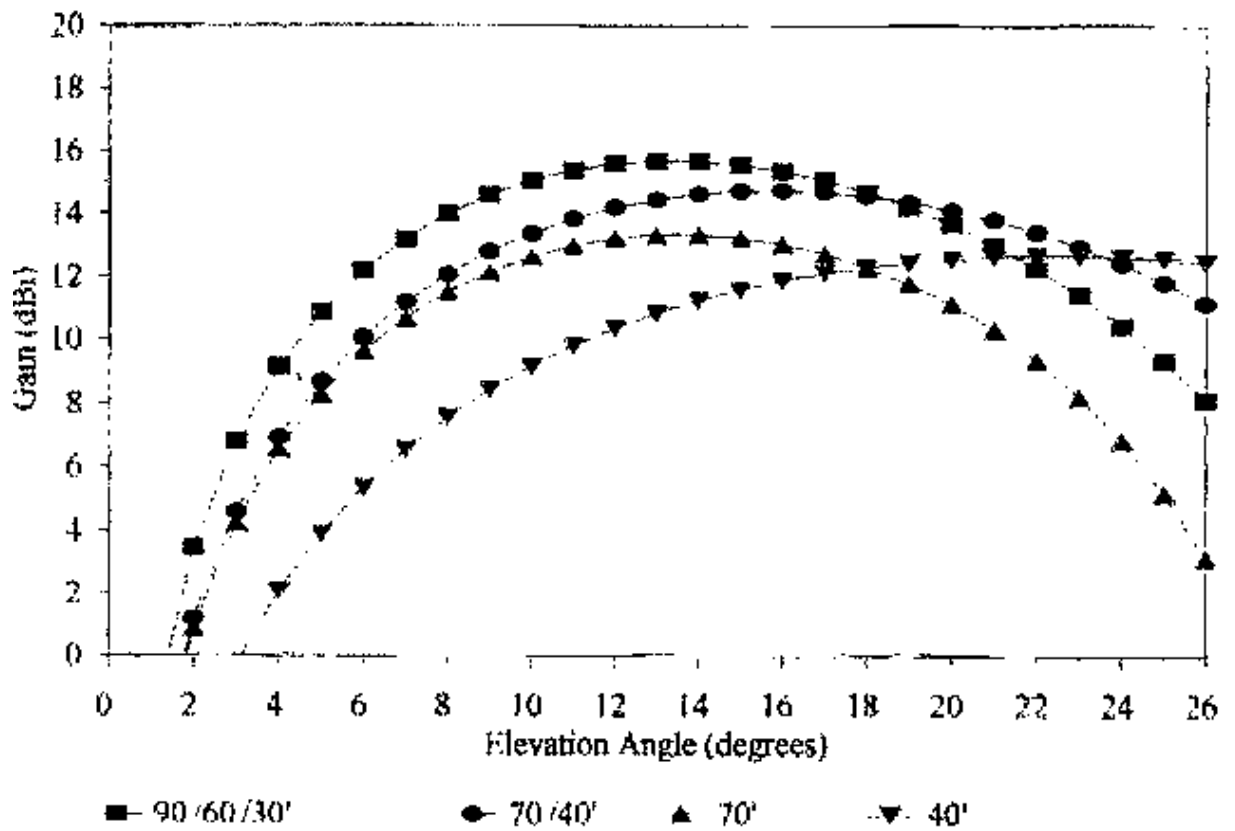


Fig 2

Over Flat Ground

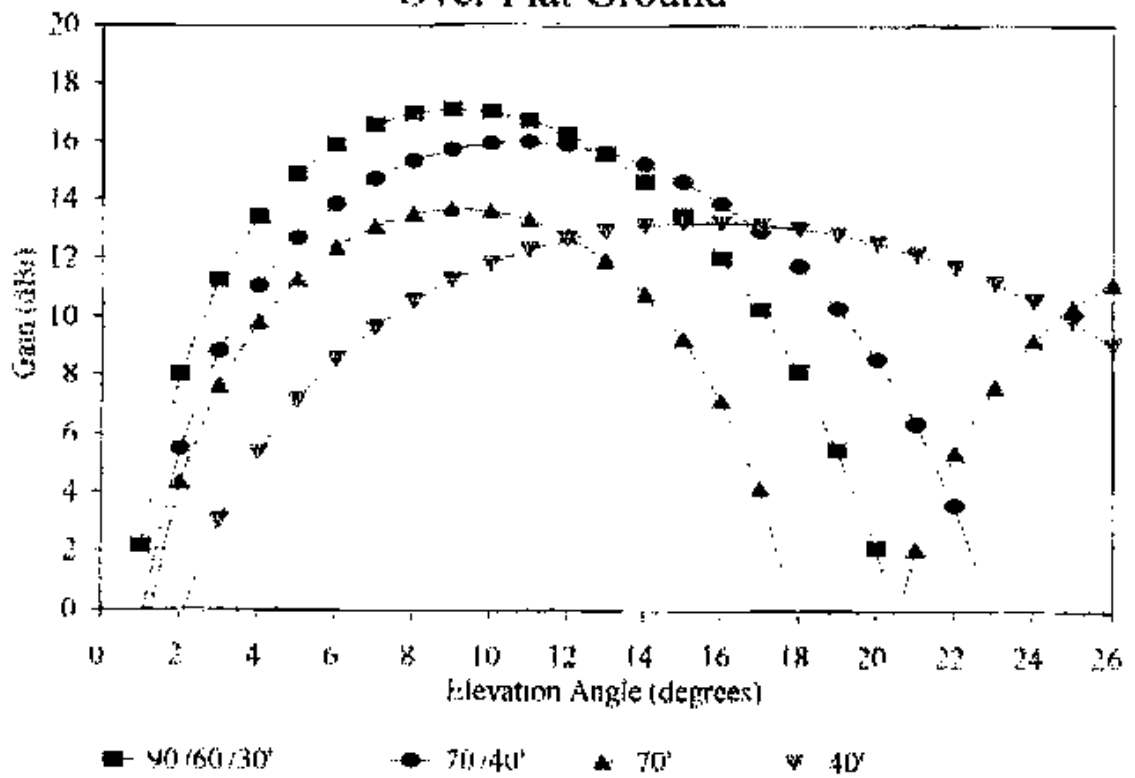


Fig 3

Fazowanie w zestawach anten Yagi zapewnia skoncentrowanie wiązki pod niskimi kątami w płaszczyźnie elewacji

Fazowanie w zestawach anten Yagi zapewnia skoncentrowanie wiązki pod niskimi kątami w płaszczyźnie elewacji. Dzieje się to kosztem energii, jaką pojedyncze Yagi wypromieniowują pod wyższymi kątami, a które są nieprzydatne do łączności na wyższych pasmach amatorskich. Energia wypromieniowana pod wyższymi kątami przez pojedyncze Yagi jest **stratą** w bilansach energetycznych łącza realizowanego poprzez propagację jonosferyczną. Fazowanie „przydusza” w stronę podłoża wiązkę promieniowaną przez fazowany zestaw anten. Jednocześnie, zachowaniu ulega zakres kątów obsługiwanych przez zestaw w płaszczyźnie azymutu (taki, jak dla pojedynczej Yagi).

Mając to na uwadze top stacje Contest preferują fazowanie anten Yagi raczej na stosunkowo krótkich boomach. Bo zapewniają one szersze pokrycie w płaszczyźnie azymutu i nie wymagają częstej korekty ustawienia kierunku podczas pracy w Contestach. Przykładem niech będą azymuty potrzebne do **jednoczesnego** pokrycia całej Europy oraz azjatyckiej części Rosji.

Spłaszczenie wiązki w płaszczyźnie elewacji daje dodatkową korzyść: zmniejsza poziom sygnałów odbieranych pod wyższymi kątami z kierunku, na który fazowany zestaw jest nakierowany oraz sygnałów przychodzących pod wysokimi kątami z innych kierunków (np. od stacji bliskich). Jest jednak pewna cena za uzyskanie takich charakterystyk „z przodu”. Jest nią nieznaczne pogorszenie kierunkowości F/B fazowanego zestawu w stosunku do uzyskiwanej na pojedynczej Yagi.

Z natury rzeczy odległości pomiędzy poszczególnymi „piętarami” fazowanych anten typu tri-band są jednakowe w jednostkach odległości (metry, stopy). Ale nie w odniesieniu do długości fal roboczych anten. Powstaje tu pewien dylemat. Na ten temat jest wiele „teorii” i nieporozumień wśród braci krótkofalarskiej. Prawdę mówiąc, nie ma tu żadnych „magicznych” reguł. Ogólnie: zysk fazowanych anten Yagi rośnie powoli gdy zwiększa się względna odległość pomiędzy „piętarami” wyrażona w długościach fali. Ma to miejsce aż do odległości zbliżonych do jednej długości fali roboczej. Przy dalszym zwiększaniu odległości pomiędzy piętarami zysk zaczyna spadać. Praktycznie, przy zmianach odległości pomiędzy piętarami fazowanych anten TH7DX pomiędzy 0,5 a 1,0 długości fali wypadkowy zysk zmienia się tylko o dziesiąte części dB. Na rysunku Fig 4 pokazano wpływ odległości pomiędzy „piętarami” fazowanych TH7DX na charakterystyki fazowanych zestawów w płaszczyźnie elewacji podczas pracy w paśmie 15 metrów. Rozstawienie w pionie na poziomach 93,2 stopy i 46,8 stopy (jedna długość fali dla pasma 15 metrów) skutkuje nieco niższym kątem wiązki w płaszczyźnie elewacji (na co wpływ ma ta wyższa TH7DX) i nieco większym wypadkowym zyskiem aniżeli ma para TH7DX zainstalowana na wysokościach 70 i 40 stóp. Dokładne odległości pomiędzy piętarami fazowanych anten nie są aż tak krytyczne. Charakterystyka w płaszczyźnie elewacji dla większych rozstawień w pionie skutkuje nieco większym zyskiem w zakresie najniższych kątów. Ale, porównując, mniejsze rozstawienie „pięter” owocuje dobrym zyskiem i korzystną koncentracją wiązki w zakresie najniższych kątów w płaszczyźnie elewacji.

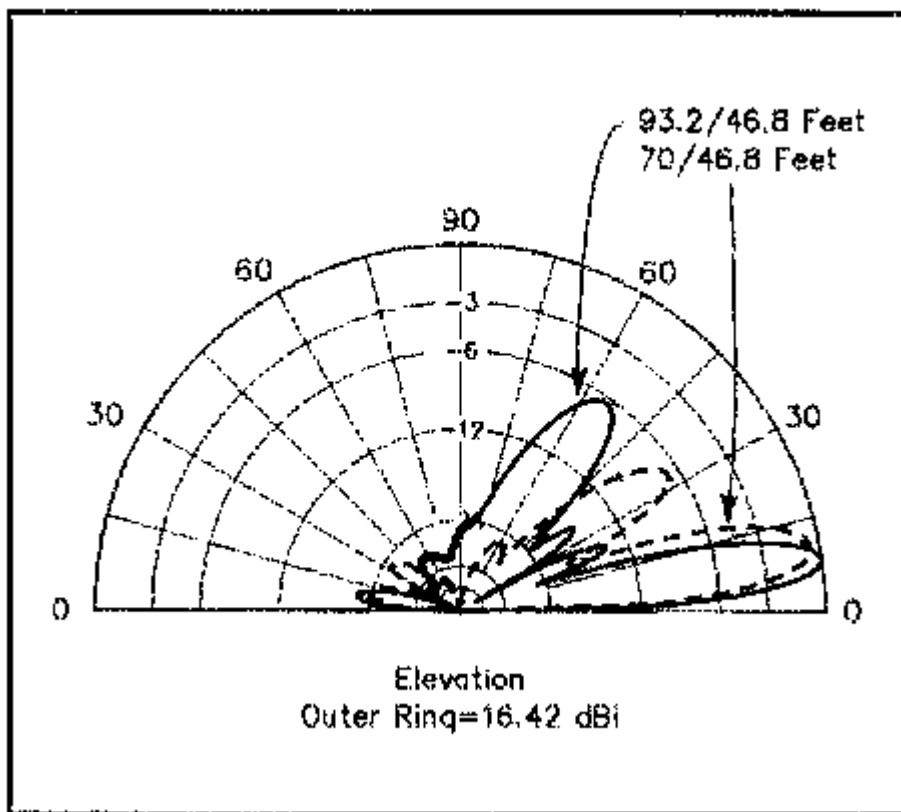


Fig 4

Fazowanie a zaniki

Wykonaliśmy multum prób ze stacjami z Europy mających na celu porównanie fazowanych tri-banderów z pojedynczymi Yagi pod kątem ich przewag podczas występowania zaników propagacyjnych. Jak wiadomo, na tej trasie głębokość zaników może sięgać do 20dB. Trudno o bardzo precyzyjne pomiary. Raczej będą to „zgrubne” oszacowania. Na podstawie naszych prób oceniamy, że fazowane zestawy TH7DX są mniej podatne na zaniki propagacyjne aniżeli pojedyncze Yagi. Zwłaszcza trudne w ocenie są selektywne zaniki częstotliwościowe. Potrafią one, tak wąski sygnał jak SSB, uczynić zniekształconym i (czasem) mało czytelnym. Generalnie, zaniki na fazowanych TH7DX były wolniejsze jeśli chodzi o zmianę amplitudy sygnałów. Ponadto, czasy pomiędzy maksimum a minimum siły odbieranych sygnałów były dłuższe niż dla pojedynczych TH7DX (dla pojedynczych wszystko przebiega szybciej i zaniki są głębsze).

Dlaczego tak się dzieje? Jest wiele „teorii” i spekulacji na ten temat. Jedni powołują się na zjawisko odbioru zbiorczego. Być może któraś z fazowanych anten zestawu będzie mieć akurat kąty pod którymi odbiera a inne – na innych wysokościach nad podłożem – nie będą odbierać. Ogólnie, są szanse, że któraś z fazowanych anten będzie w danym momencie odbierać sygnały i skompensuje to brak odbioru przez pozostałe anteny fazowanego systemu. Jest to „teoretyczny” argument, który tak trudno udowodnić, jak i obalić.

Bardziej racjonalnym wyjaśnieniem wydaje się być fakt, że – dzięki spłaszczeniu wiązki w płaszczyźnie elewacji – fazowane anteny nie są wrażliwe na przypadkowe i chwilowe tryby propagacji pod wyższymi kątami, które mają spory udział podczas użytkowania pojedynczych anten Yagi. Stwierdzono, że gdy główny zakres kątów umożliwiających propagację pomiędzy Nową Anglią a Europą Zachodnią skupia się wokół 3 stopni, to – nadal – występują tryby propagacji ze znacznie większymi kątami. Fale pod tymi wyższymi kątami także docierają do korespondenta na drugim brzegu Atlantyku. Mają inne długości drogi propagacyjnej i inne fazy aniżeli fale rozchodzące się pod niskimi kątami. Powstaje interferencja, w jej rezultacie zaniki. Anteny fazowane eliminują fale odbierane pod wyższymi kątami. Przeto – w ostatecznym rozrachunku – są mniej wrażliwe na zaniki propagacyjne. Ale, to tylko ... kolejna „teoria”.

Zakłócenia elektrostatyczne od opadów

John Kenny, W1RR zauważył, że zakłócenia elektrostatyczne od opadów deszczu / śniegu odczuwalne są najbardziej na górnej antenie zestawu. My także zauważyliśmy to zjawisko. Czasami,

sygnały na niższych antenach fazowanego zestawu były w pełni czytelne, podczas gdy wyładowania elektrostatyczne od deszczu / śniegu powodowały QRN S9+ na najwyższej antenie zestawu.

Wniosek: system komutacji anten fazowanego zestawu należy tak zaprojektować, aby była możliwa praca nie tylko całego zestawu, lecz istniała również możliwość innych kombinacji, w tym (także), wyboru indywidualnego poszczególnych anten zestawu.

Azymutalny odbiór (nadawanie) zbiorczy

Kreując pojęcie „azymutalnego odbioru (nadawania) zbiorczego” mamy na myśli takie ukierunkowanie poszczególnych anten fazowanego zestawu, w którym jedna z anten jest celowo skierowana w płaszczyźnie azymutu obok wiązki głównej zestawu. Podczas większości Contestów DX dolne anteny fazowanego zestawu anten Yagi są skierowane na Europę a górna antena może być nakierowana na rejon Karaibów lub na Japonię. Dla zestawu trzech fazowanych anten Yagi powoduje to ubytek 1/3 mocy dla głównego kierunku, która jest przeznaczona do zasilania trzeciej anteny, skierowanej gdzie indziej. Objawia się to zmniejszeniem zysku na głównym kierunku o około 1,8dB. To bardzo mało, gdy odbierane sygnały plasują się w granicach S9+10 do 20dB.

Fazowany system antenowy u N6BV/1

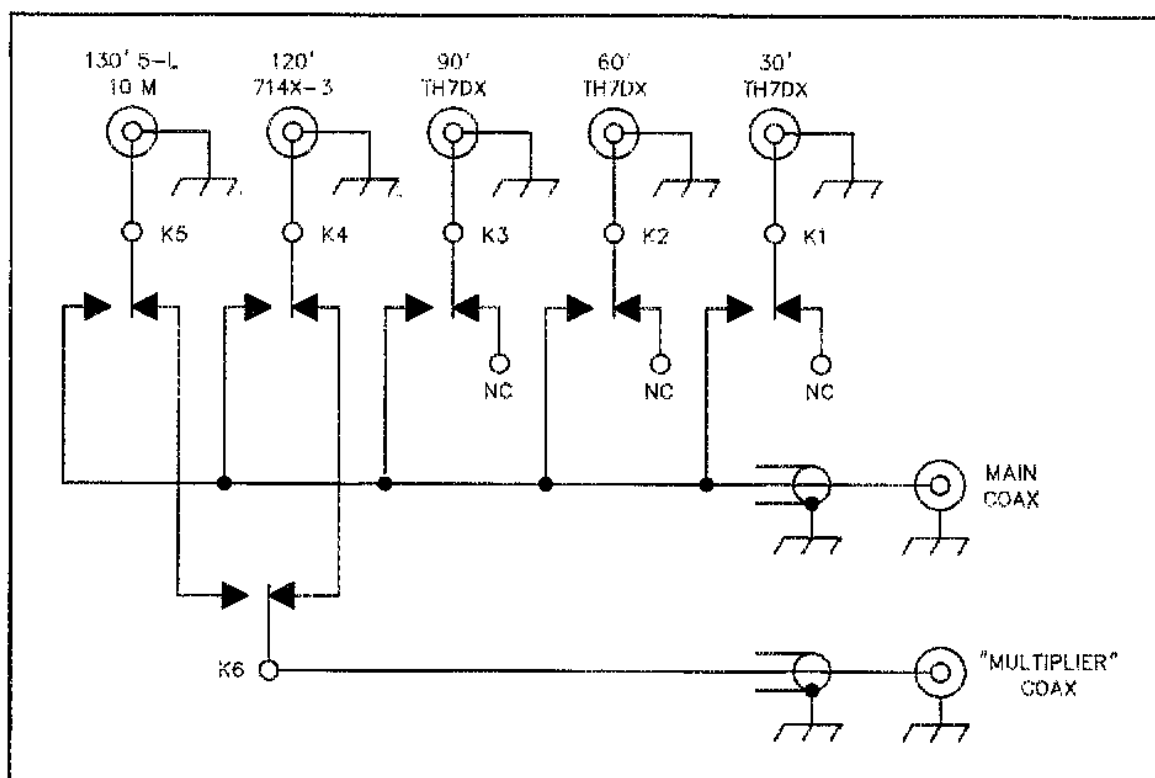


Fig 5

Fazowany system antenowy N6BV/1 jest zlokalizowany w Windham, New Hampshire, na małym wzniesieniu, około 40 mil od Bostonu. Może być sklasyfikowany jako dobry, lecz nie jako dominujący w Contestach. Zbudowano go w oparciu o jeden maszt typu Rohn 45 o wysokości 120 stóp. Jest podtrzymywany w pionie za pomocą odciągów zamocowanych w gruncie w odległościach 100 stóp od podstawy masztu. Poszczególne piętra odciągów są zamocowane do masztu co 30 stóp (licząc w pionie). Umożliwia to takie mocowanie anten na maszcie, że nie zaczepiają one o odciągi podczas zmian kierunku nakierowania zestawu (poszczególnych anten). Każdy zestaw odciągów jest podzielony izolatorami na odcinki o długości 57 stóp (po 17,37 metra) tak, aby odciągi nie rozstrajały anten zainstalowanych na maszcie (dotyczy to pasm od 10m do 80m). Na maszcie jest zainstalowanych 5 anten Yagi.

U szczytu masztu jest zainstalowany stalowy maszcik o długości 12 stóp (3,65 metra) i grubości ścianek 0,25 cala (6,35mm). Jest on obracany rotatorem Orion 2800. Powyżej rotatora są dwa łożyska oporowe. Pierwsze jest zamocowane w stalowej płycie u szczytu masztu, drugie około 2 stóp poniżej szczytu masztu. Łożyska oporowe umożliwiają wymontowanie rotatora w celu konserwacji.

U szczytu pomocniczego maszcika, na wysokości 130 stóp (39,62 metra), jest zainstalowana 5-cioelementowa optymalizowana Yagi na pasmo 10 metrów. Jest to zmodyfikowana konstrukcja

Create na boomie o długości 24 stóp (7,31 metra). Modyfikacja polegała na zmianie nastrojenia elementów tak, aby uzyskać większy zysk w zakresie części pasma 10m wykorzystywanej w Contestach.

Na szczycie masztu Rohn 45 jest zainstalowana antena Create 714X-3. Jest to tri-bander. To interesująca konstrukcja. Ma 5 elementów na boomie o długości 32 stóp (9,75 metra). 3 elementy są czynne w paśmie 40 metrów, 4 elementy są czynne w paśmie i 4 elementy są czynne w paśmie 15 metrów. Elementy na pasmo 40 metrów są wydłużane elektrycznie cewkami, trapami oraz pojemnościami końcowymi. Mają długości po około 46 stóp (14 metrów).

Poniżej, na poziomie 90 stóp (27,43 metra), jest zamocowany i skierowany stale na Europę tri bander TH7DX. Jest on tuż nad zamocowaniem 3-go piętra odciągów masztu.

Na poziomie 60 stóp (18,28 metra) jest zamocowany zmodyfikowany wysięgnik (tzw. „swinging gate”) wyprodukowany przez DX Engineering Oregon. Z jego pomocą rotator Hy-Gain Taitlister obraca antenę TH7DX. Możliwy zakres obrotu tej anteny ogranicza się do 280 stopni.

Na poziomie 30 stóp (tuż ponad dolnym piętrzem odciągów) zamocowana jest kolejna antena TH7DX. Jest ona stale nakierowana na Europę.

Wszystkie anteny Yagi są zasilane nisko-stratnym kablem koncentrycznym Belden 9913. Identyczne długości kabli od fazowanych anten ustalono z pomocą Noise Bridge. W miejscach dołączenia kabli koncentrycznych do poszczególnych anten nanizano na nie dławiki z 7 rdzeni ferrytowych, które pełnią rolę dławików w.cz. dla prądów współbieżnych mogących płynąć po zewnętrznych powierzchniach kabli koncentrycznych. Dzięki temu zapewnia się symetrię zasilania wszystkich anten zestawu. 5 kabli koncentrycznych od poszczególnych anten na maszcie doprowadzonych jest do pudełka komutacji anten. Zainstalowano je na poziomie 85 stóp (25,9 metra).

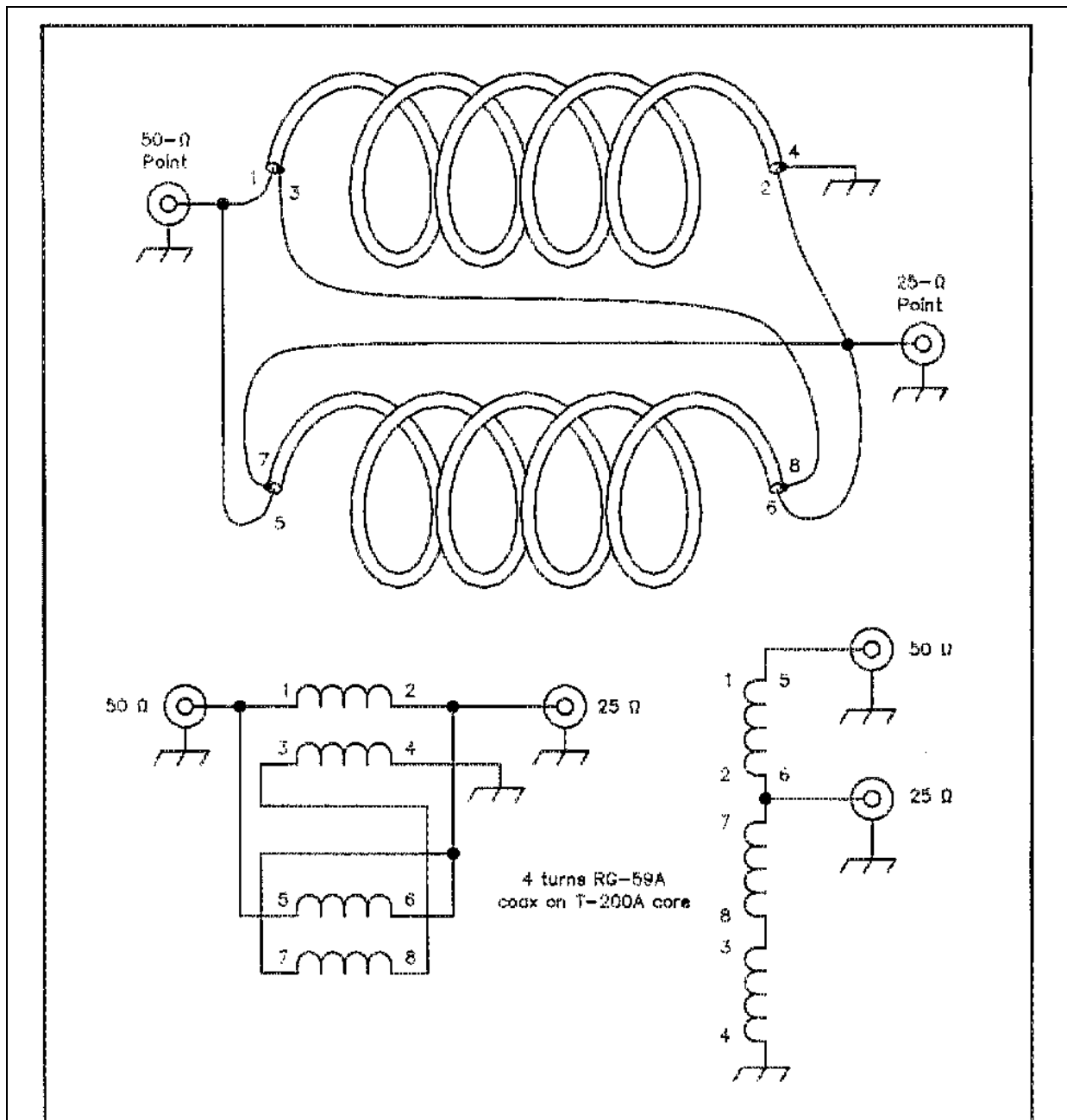
Na rysunku **Fig 5** pokazano uproszczony schemat komutacji anten. Oprócz głównego kabla koncentrycznego 250 stóp (76,2 metra) do pomieszczenia radiostacji (75 Ohm, średnica 0,75 cala → 19mm, typu Hardline) doprowadzono drugi taki sam kabel i oryginalny układ komutacji DX Engineering rozbudowano o dodatkowe gniazdo koncentryczne i przełącznik K6. Dzięki temu można wybierać, bądź antenę na poziomie 130 stóp, lub 120 stóp. Drugi trakt jest przeznaczony do szybkiego zaliczania mnożników w zawodach, niezależnie od nakierowania fazowanego zestawu. Dodatkowo, nawet podczas wołania CQ, można podsłuchiwać inne pasma. Wymaga to jednak użycia pasmowych filtrów środkowo-przepustowych, aby zabezpieczyć wejście RX przed zniszczeniem silnym sygnałem z własnego nadajnika.

19 mm kabel koncentryczny Hardline ma bardzo niskie straty, nawet w obecności dużego SWR widzianego od strony układu komutującego anteny. Jest to bardzo ważne w przyjętym rozwiązaniu dołączania anten podczas fazowania (w odróżnieniu od zastosowanego przez K1VR „A More Elegant Approach to Matching” → bardziej eleganckie podejście do dopasowania impedancji → **SP7HT: patrz tłumaczenie tekstu K1VR w ramce**). To „fantazyjne” podejście do dopasowania impedancji ma kilka swoich przyczyn.

Po pierwsze, jest wiele kombinacji anten, które mogą być zestawiane jako fazowane, co owocuje różnymi impedancjami wypadkowymi. Każdy przełącznik w pudełku komutacji anten może być oddzielnie sterowany przez oddzielny sterownik w pomieszczeniu radiostacji. Przy takiej liczbie potencjalnych kombinacji fazowanych anten, N6BV nie był w stanie zaprojektować w miarę nieskomplikowanego systemu dopasowywania impedancji pomiędzy antenami włączanymi do fazowanego systemu a wyjściowym kablem do pomieszczenia radiostacji.

Po drugie, najgorszy przypadek występuje gdy fazowane są 4 różne anteny. Skutkuje to niedopasowaniem SWR rzędu 4:1. Powoduje to (na najwyższym paśmie, 10m) dodatkowe straty tylko rzędu 0,5dB. Przy różnej liczbie anten fazowanych w systemie wymaga to nieznacznych podstrojeń PA. To czynność prosta w obsłudze. A dzięki temu zyskuje się na prostocie układu komutacji anten. Dotychczasowa praktyka pokazała, że przez 95% czasu anteny pracują jako fazowane. Czynności dostrajania PA dotyczą zatem okazjonalnych sytuacji. Co nie stanowi problemu.

Zestaw K1VR: bardziej staranne podejście do dopasowania impedancji podczas fazowania



Wyobraź sobie system fazowanych anten: 4 elementy nad 4 dla pasma 10 metrów, 3 elementy nad 3 dla pasma 15 metrów, 3 elementy nad 3 dla pasma 20 metrów. Najwyżej i najniżej umieszczone Yagi mają obracać się. K1VR rozwiązał problem dopasowania impedancji dla takiego systemu. Całość jest zainstalowana na jednym maszcie, na podwórzu. System sprawdził się i nadaje się do skopiowania. Wykorzystano maszt Rohn 25 o wysokości 100 stóp (30,48 metra). Poszczególne piętra odciągów są zainstalowane na wysokościach 30, 60 oraz 90 stóp. Odciąg wykonano z nieprzewodzącego elektrycznością Phyllystran'u. Phyllystran to niemetaliczny Kevlar. Jest pokryty czarnym polietylenem jako zabezpieczenie przed destrukcyjnym działaniem promieni UV. Należy go tak instalować, aby nie był narażony na otarcia przez kołyszące się na wietrze gałęzie drzew. Jest, podobnie jak odciąg stalowe, odporny na naprężenia wzdłużne. Ale nie toleruje otarć.

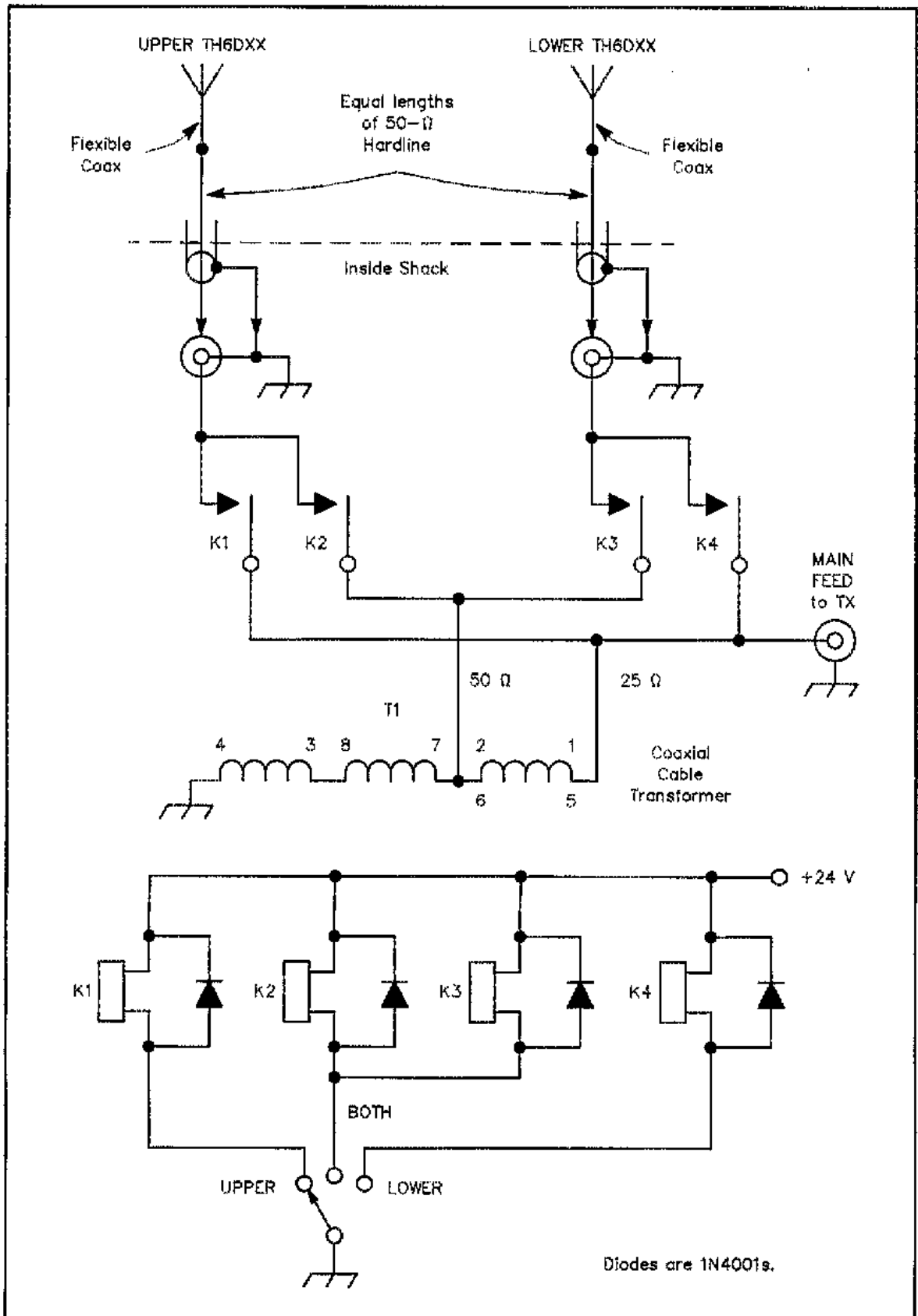
Obie anteny to tri-bandery TH6DXX. Górna antena jest zainstalowana na poziomie 97 stóp (29,56m), dolna na 61 stopach (18,59m) nad podłożem. Niższa antena jest obracana przez rotator Telex Ham-M zamocowany na wysięgniku typu „swinging gate”. Umożliwia to nakierowywanie anteny w zakresie 300 stopni. Na poziomie 90 stóp (27,43 metra) zamontowana jest 2 elementowa antena Cuscraft Yagi na rotatorze TIC General RingRotor. Może być nakierowywana w zakresie pełnych 360 stopni.

Po kilku bezowocnych próbach dopasowania impedancji w wersji fazowania dwóch anten TH6DXX lub pracy na tylko jednej antenie K1VR zastosował przełączany przełącznikiem szerokopasmowy transformator impedancji zbudowany na rdzeniu toroidalnym. W sytuacji, gdy obie TH6DXX pracują

jako zestaw fazowany, ich wypadkowa impedancja (widziana przez kabel do pomieszczenia radiostacji) jest równa 25 Ohm. Zadaniem transformatora impedancji jest podniesienie tej wartości do 50 Ohm. Transformator impedancji 25 Ohm → 50 Ohm jest nawinięty dwoma odcinkami kabla koncentrycznego RG-59A na rdzeniu ferrytowym T-200-A. Rdzenie takie są oferowane przez Amidon, Palomar Engineering, Ocean State Electronics oraz RadioKit. Dwa kawałki „bliźniaczego” kabla RG-59A są przewinięte 4 razy przez otwór rdzenia. Można użyć także zwykłego kabla RG-59, ale należy zadbać aby oba kable były jak najbliżej względem siebie. Szczegóły konstrukcji transformatora impedancji są pokazane na powyższym rysunku. Na kolejnym rysunku przedstawiono równoważny układ połączeń elektrycznych. Ekrany obu kawałków kabli są połączone równolegle. Natomiast żyły środkowe są połączone szeregowo. Przekładnia tego transformatora dla impedancji wynosi 1:2. Od strony wejścia są dołączone kable koncentryczne o identycznych długościach (elektrycznych) pomiędzy obu TH6DXX a pomieszczeniem radiostacji. Doprowadzone są one do dwóch gniazd koncentrycznych w pomieszczeniu radiostacji. W pomieszczeniu radiostacji można dokonywać (przełącznikami) trzech komutacji: każda z anten oddzielnie lub obie anteny mają pracować jako fazowane. Należy zadbać o jak najkrótsze połączenia pomiędzy gniazdami, przełącznikami itp. Jeśli pudełko z transformatorem impedancji będzie metalowe, należy zadbać o dostateczny odstęp uzwojeń transformatora od metalowych ścianek pudełka. Ustalenie identycznych długości elektrycznych kabli koncentrycznych pomiędzy antenami a transformatorem można wykonać z pomocą Noise Bridge, Time Domain Reflectometer, dobrej klasy analizatorem anten. Jeśli brak dostępu do tych przyrządów, to można zaufać pomiarowi fizycznemu odmierzając dwa odcinki o jednakowych długościach z tej samej szpuli kabla.

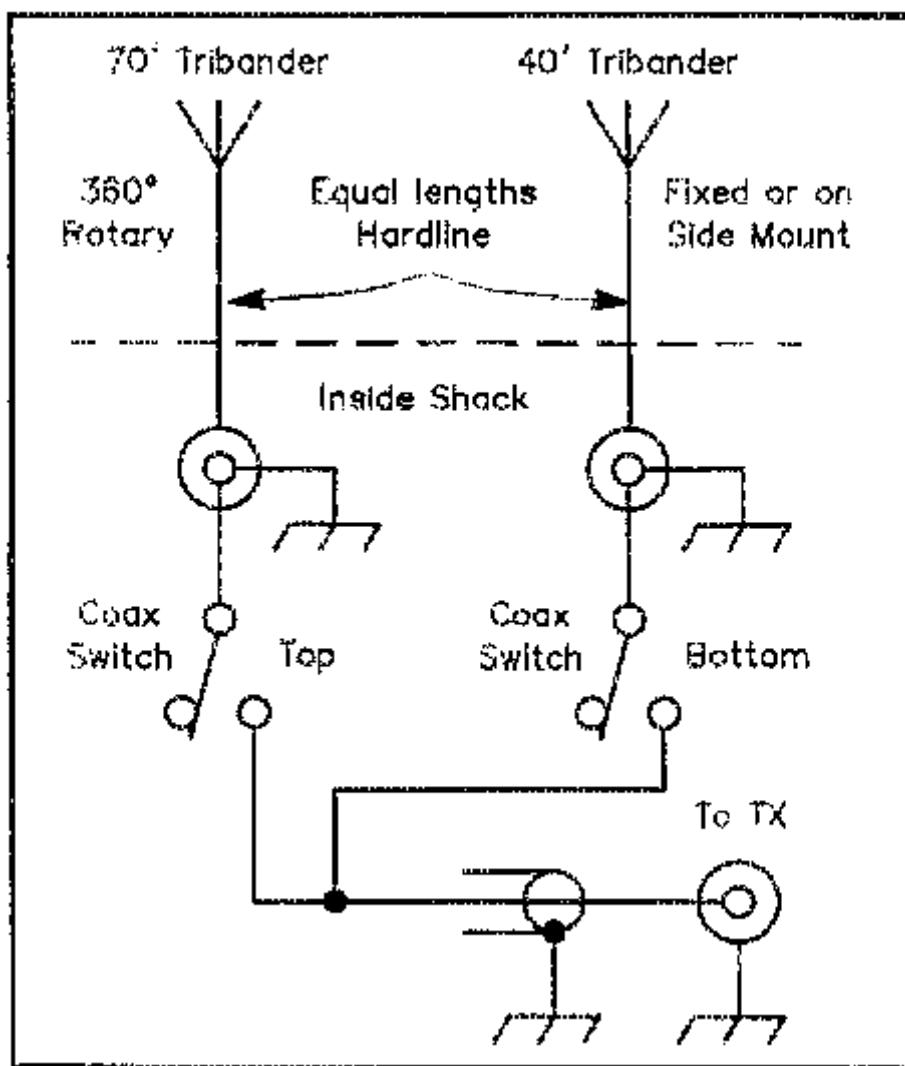
Dotychczasowe 10-cioletnie doświadczenia K1VR są następujące: pierwsze poranne otwarcia na Europę w pasmach 10m i 15 są lepsze na górnej antenie. Gdy pasma już w pełni „otworzą się” korzystna jest praca na fazowanym zestawie obu anten TH6DXX. Zapewnia to lepsze pokrycie różnych zakątków Europy. Mniej więcej w połowie czasu między porankiem a południem dolna antena jest lepsza na Europę. Ale K1VR nie zmienia taktyki: nadal pracuje na fazowanych dwóch TH6DXX. To opłaca się, bo jakąż przyjemną niespodzianką jest, gdy w gromadzie stacji Eu usłyszysz jakiegoś HS0, 4S7 lub VU2. K1VR wskazuje, że nie należy ograniczać się do fazowania tylko TH6DXX. Można zatrudnić także parę anten KLM typu KT34XA lub Cushcraft A4S.

Poniżej jest rozrysowany układ komutacji. Zdaje on egzamin dopasowania impedancji tylko dla 2 fazowanych anten. Dla większej liczby fazowanych anten trzeba wymyśleć coś bardziej skomplikowanego.



Kilka rad o fazowaniu anten tri-band

Nie spodziewamy się, że „rzesze krótkofalowców rzuca się” do naśladowania rozwiązań przedstawionych w niniejszym artykule. Z drugiej strony, wielu z nich ma już anteny tri-band na masztach o wysokościach rzędu 70 stóp (21,33 metra). Dla nich nie będzie rzeczą zbyt trudną dodanie drugiego tri-bandera na poziomie około 40 stóp (12,2 metra) nad podłożem. Ten drugi tri-bandera może być skierowany na stałe na najbardziej potrzebny kierunek (**SP7HT: na przykład na trudne dla SP trasy na Pacyfik**). Można też zamocować go na wysięgnym rotatorze i mieć możliwość obracania w ograniczonym zakresie azymutów. Jeśli będą odciąg masztu, to mogą one ograniczać dostępne azymuty. Odciąg powinny być podzielone izolatorami aby nie deformowały charakterystyki anteny umieszczonej niżej. Sygnały z/do anten należy doprowadzić do pomieszczenia radiostacji dwoma kablami o identycznej (elektrycznie) długości. Komutację można realizować bardzo uproszczonym układem zaprezentowanym na rysunku poniżej. Ewentualne niedopasowania impedancji dla różnych kombinacji anten można „załatwić” korektami zestrojenia PA lub skrzynki antenowej w TRX.



SP7HT:

- 1) metodą K1VR chcę fazować dwie krótkie Yagi na pasmo 50MHz. Powinienem osiągnąć większe przyduszenie wiązki dla niskich kątów aniżeli jest to możliwe dla pojedynczej „długiej” Yagi. Będą dwa, dosyć krótkie kable od obu anten do transformatora impedancji (muszę sprawdzić który rdzeń i ile zwojów ma mieć transformator dla 50MHz → trzeba to przetestować). Pudełko będzie hermetyczne, z plastyku (te od przechowywania żywności). Metoda K1VR (dwóch kabli o identycznych długościach elektrycznych) jest wygodna ze względu na możliwość wyboru każdej z dwóch anten z osobna oraz formowania ich w fazowany zestaw. W moim przypadku, ZAWSZE, obie Yagi na pasmo 50MHz będą pracować jako zestaw fazowany. Zatem, operację sumowania sygnałów z obu anten można wykonać „na górze”, tuż przy antenach → zmniejsza to zapotrzebowanie na kabel oraz zmniejsza liczbę kabli wprowadzanych do pomieszczenia radiostacji. „Pochwalę się” osiągniętymi rezultatami.
- 2) przepraszam za fatalną jakość wykresów. Zdobyte dwie wersje artykułu z QST są równie kiepskie pod tym względem. ARRL na swoich stronach Internetowych tłumaczy, że archiwalne numery QST były skanowane z niską rozdzielczością. Dodatkowo, przenoszenie rysunków z pliku PDF do Worda wiąże się z dalszym pogorszeniem jakości. Co widać na wklejonych obrazkach. Rysunki lepszej rozdzielczości można „kupić” w ARRL (5USD sztuka).

Zdziwaczeliście? Z jakiej racji tri-bandery?

Jest oczywiste, że najczęstszym pytaniem zadawanym nam przez zainteresowanych fazowaniem naszych tri-banderów jest: „dlaczego użyliście tri-banderów do budowy fazowanych zestawów Yagi?” Użyliśmy ich z pełną świadomością kompromisowych rozwiązań i ograniczeń. Ale, nie tylko my eksperymentowaliśmy w ten sposób. Także Bob Mitchell, N5RM zbudował fazowany tri-bander. Jest to 4-ropiętrowy TH7DX. N5RM nazywa go TH28DX. Są to 4 anteny TH7DX zamocowane na maszcie o wysokości 145 stóp. System przełączania anten umożliwia pracę w trzech trybach wykorzystania. Fazowane: dwie górne TH7DX, dwie dolne TH7DX oraz wszystkie cztery TH7DX. W Teksasie Danny Eskenazi, K7SS od wielu lat nadaje na dwóch fazowanych KT-34A.

Dlaczego my zdecydowaliśmy się na fazowanie tri-banderów? Bo przez wiele lat mieliśmy pozytywne doświadczenia pracując na antenach TH6DXX oraz TH7DX. Mają bardzo solidną konstrukcję. Zarówno pod względem mechanicznym jak elektrycznym. Są zdolne wytrzymać bez uszkodzeń zimowe wichury i oblodzenia w Nowej Anglii. Ich długie na 24 stopy boomy są dostatecznie długie aby można było uzyskać wystarczający zysk, nawet w obliczu pewnych strat mocy w trapach. Spekulacje na temat strat w trapach mówią o stratach od 0,5dB do 2dB. Dyskusja z inżynierami Hy-Gain skłania nas do przyjęcia tej niższej wartości. W takim przypadku, przy doprowadzeniu 1.500 Wat na straty w trapach przypadłoby 163 Waty. Na pojedynczy trap przypadłoby po 27 Wat strat. Zdrowy rozsądek skłania do przekonania, że jest to oszacowanie bliskie rzeczywistości. Bo, przykładowo, gdyby straty w trapach TH7DX straty wynosiły łącznie 1dB, to odpowiadałoby to 300 Watom na ich grzanie. Wówczas byłyby to „piecyki” a nie trapy w.cz. Odpowiednio długi boom TH6DXX oraz TH7DX umożliwia optymalne rozmieszczenie elementów na poszczególne pasma. Unika się w ten sposób kompromisów związanych z gęstym „upakowaniem” 3 lub 4 elementowych tri-band na krótkim boomie.

Innym powodem zdecydowania się na użycie TH7DX w fazowanych zestawach były wcześniejsze przykre doświadczenia N6BV z „Christmas Tree”. Dotyczyły one gęstego „upakowania” anten mono-band na jednym maszcie. Testowane (ambitne) rozwiązanie obejmowało anteny od pasm 10 do 40 metrów. Były to anteny W6OWQ. Konstrukcja powstała we wczesnych latach 80-tych XX wieku. Poszczególne anteny były tak gęsto upakowane (w pionie), że przypominały „dubeltową kanapkę z Mc Donalda”. Najbardziej „ucierpiała” 5 elementowa Yagi na pasmo 15 metrów. Była ona tylko 5 stóp poniżej 5 elementowej Yagi na pasmo 10 metrów i 5 stóp powyżej pełnowymiarowej 3 elementowej Yagi na pasmo 40 metrów (**SP7HT: oczywisty błąd w projektowaniu → pasma 21MHz i 7MHz są przecież w relacji harmonicznej!**). Antena na pasmo 40 metrów miała „nałożoną” na ten sam boom Yagi na pasmo 20 metrów. Zmierzona w paśmie 15 metrów kierunkowość F/B wynosiła tylko 12dB. Po zdemontowaniu anten na pasma 40m i 20m kierunkowość na 15 metrach „podskoczyła” do ponad 25dB. Wszelkie poprawki, włącznie z przestawieniem anten na pasma 40m i 20m o 90 stopni względem anteny na pasmo 15 metrów nie pomogły. Dodatkowo, wszystkie elementy anteny na pasmo 20 metrów musiały być wydłużone o około stopę ze względu na oddziaływanie pomiędzy elementami anten pasm 20m i 40m (**SP7HT: kolejny błąd w projektowaniu → pasma 14MHz i 7MHz są przecież w relacji harmonicznej!**). Całe „szczęście w nieszczęściu”, że był to maszt opuszczany i podnoszony elektrycznie. Bo „zabawa” wymagała **kilkuset** operacji korygujących.

Kwintesencją dalszych rozważań jest konkluzja: to co było zagadką we wczesnych latach 80-tych ubiegłego wieku jest teraz do łatwego oszacowania z pomocą komputerowych metod modelowania anten (autorzy wymieniają: MN, MININEC oraz NEC). Wniosek: **nie można zbyt gęsto (w niewielkiej odległości w pionie) instalować anten aby nie nastąpiła degradacja ich parametrów kierunkowych.**

I wreszcie po trzecie, zastosowaliśmy tri-bandery mając na uwadze prostotę rozwiązań i zachowując jednocześnie możliwość ich fazowania na trzech górnych pasmach amatorskich, z akceptowalną sprawnością. Chcąc mieć fazowane Yagi w pasmach: 10, 15, 20 i 40 metrów, można – na jednym maszcie wykorzystać TH7DX zamiast 12 lub 13 anten mono-band na maszcie. To upraszcza konstrukcję, uruchomienie i zmniejsza początkowe koszty.

Rezultat? Zarówno konstrukcje fazowanych anten TH7DX u N6BV/1 jak TH6DXX u K1VR spełniają pokładane w nich oczekiwania. Oczywiście, „jesteśmy bici” przez niektórych lokalnych konkurentów dysponujących fazowanymi mono-banderami. Jest kwestią do dyskusji, czy jest to spowodowane samym faktem użycia przez nich fazowanych mono-banderów, czy jest to zaletą korzystnych lokalizacji na szczytach wzgórz. Niech o zaletach publikowanych rozwiązań świadczą miejsca w pierwszych dziesiątkach najważniejszych Contestów.