

3 OPIS UŻYTEGO INSTRUMENTU

Ogólny widok teleskopu, na którym dokonano obserwacji przedstawiony jest na załączonym zdjęciu. Składa się on z trzech anten parabolicznych, każda o średnicy 18.3 m, ustawionych w linii E - W /Ryle 1962, Elsmore i inni 1966 /. Dwie anteny stacjonarne, wschodnia i centralna, oddalone są od siebie o 751 m / 2464 ft /. Trzecia, ruchoma, przesuwana jest po torowisku o długości 798 m / 2618 ft / i posiada 65 ustalonych pozycji, w których wykonuje się obserwacje. Odchylenie torowiska od prostej wschód-zachód wynosi maksymalnie ± 2.5 mm. Pozycje anteny ruchomej wyznaczono z pomiarów radioastrometrycznych i znane są z dokładnością większą niż 1 mm. Taka precyzja ustawienia anteny o wadze 120 ton w każdym ciągu obserwacyjnym jest praktycznie niemożliwa. Z tego powodu antenę ustawia się możliwie najbliżej ustalonego punktu odniesienia a różnicę mierzy się noniuszem z dokładnością do 0.1 mm. Wielkość tę uwzględnia się następnie w procesie redukcji danych.

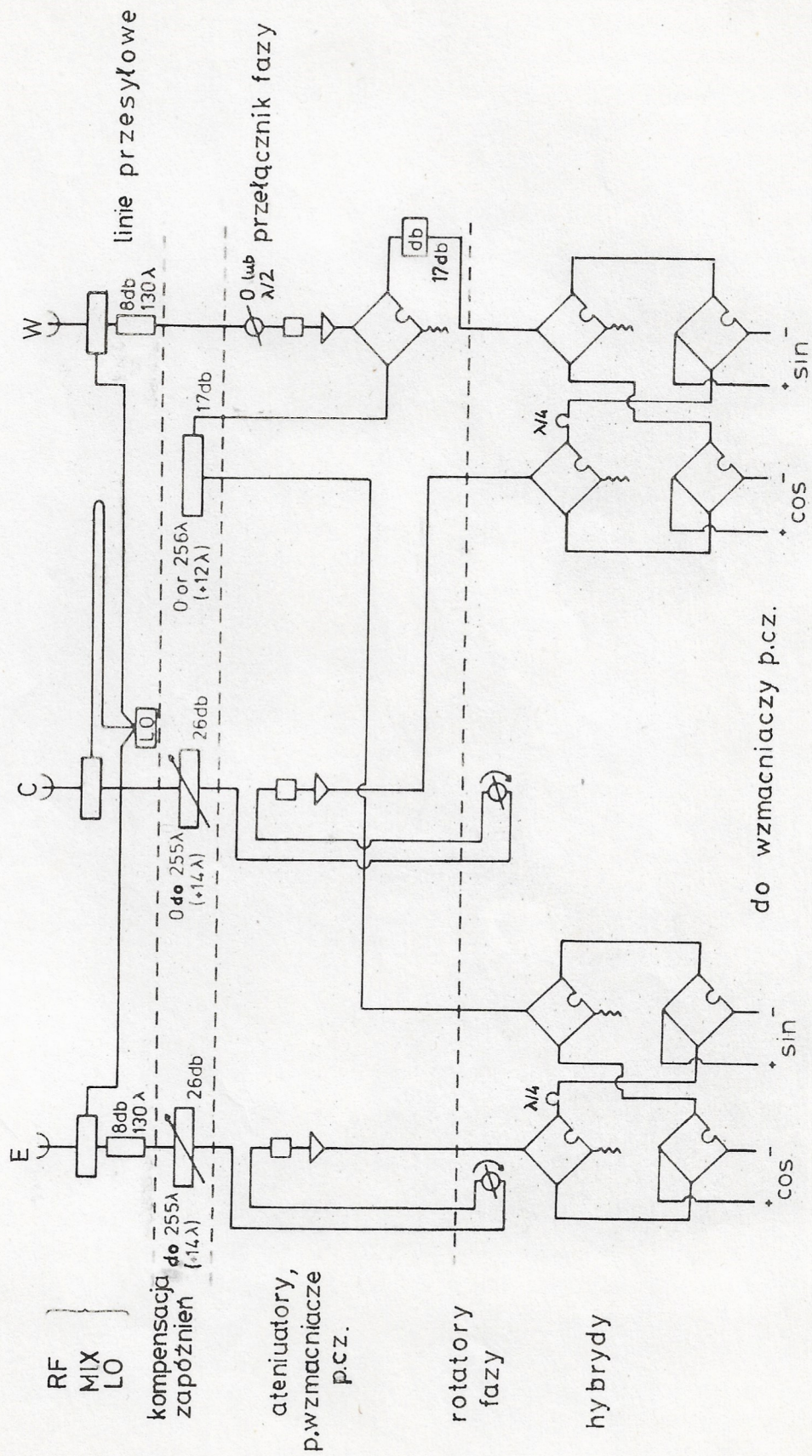
Kombinacja dwu anten stacjonarnych z ruchomą daje równocześnie dwa niezależne interferometry. Synteza pełnej apertury obejmuje ciąg sześćdziesięciu pięciu dwunastogodzinnych obserwacji wybranego obszaru nieba / łącznie 129 baz /. Teleskop pracuje równocześnie na dwu częstotliwościach 408 i 1407 MHz mierząc tylko jedną składową polaryzacji. Oświetlenie czaszy pojedynczej anteny jest symetryczne i spada o 11 db na brzegach. Wynikająca stąd sprawność wykorzystania powierzchni geometrycznej wynosi około 65 %. Podstawowe parametry radioteleskopu jednomilowego zestawiono w tabeli II. Ideowy schemat połączeń elementów teleskopu na częstotliwościach 408 i 1407 MHz pokazują rysunki 6 i 7 / Branson 1950, Copilots Guide /.

Podstawowe elementy teleskopu scharakteryzowano poniżej. Kompensacja zapóźnień odbywa się na częstotliwości pośredniej w torze anteny ruchomej i centralnej. Wynika ona z konieczności utrzymania stałej fazy w określonym punkcie rotującej sfery niebieskiej. Zapóźnienie wprowadza się tylko do toru jednej anteny interferometru /wschodniej/ tak, aby kompensować

TABELA II

Zestawienie parametrów teleskopu jednomilowego

Częstotliwość	408 MHz	1407 MHz
Przedwzmacniacz	tranzystorowy	parametryczny
Temperatura syt.	190° K	120° K
Wstęga $\Delta\nu$	4 MHz	10 MHz
Częstotliwość pośrednia	45 MHz	45 MHz
Częstotliwość lok. oscylatora	363 MHz	4 x 363 MHz
Czułość pełna synt. 6σ	10 mf.u.	1.8 mf.u.
Zdolność rozdzielcza	80"x80" cosec δ	23"x23" cosec δ
Stała czasowa	12 sek.	12 sek.
Częstość próbkowania	1/20 sek ⁻¹	1/20 sek ⁻¹
Połówkowa szerokość wiązki anteny	2°87	0°80
Analizowany obszar mapy o średnicy	4°08	1°10
Promień pierwszego pierścienia dyfrakcyjnego	3°66	1°03



Rys.6 Ideowy schemat połączeń elementów teleskopu jednominutowego na 408 MHz.

zapóźnienie geometryczne równe :

$$\tau_g = D \cos \delta \sin H \quad . \quad /18/$$

Dopuszczalny maksymalny przyrost wprowadzonego zmiennego zapóźnienia wynika z użytej wstęgi odbiornika i nie powinien być większy niż $D \lambda / d$ / d - średnica pojedynczej anteny / lub $0.1 c/\Delta v$ /Branson 1970/. Dla wielkości $\tau = c/\Delta v$ mamy pierwsze zero przestrzennej charakterystyki zapóźnień /4/. Każdy kompensator składa się z 8 odcinków kabla o długościach w systemie dwójkowym od 1λ do 128λ . Sterowanie według ustalonego dla danej deklinacji i bazy D wzoru odbywa się przy pomocy dziurkowanej taśmy kontrolnej.

Z wielkości :

$$f = \frac{d\tau}{dt} g = \frac{dH}{dt} D \cos \delta \cos H \quad /19/$$

widać, że dla częstotliwości 1407 MHz i $D_{\max} = 1.6$ km szybkość zmiany fazy osiąga 3 radiany na sekundę. Wynika stąd, że częstość próbkowania danych na wyjściu interferometru powinna wynosić nie mniej niż 2 Hz. Takie rozwiązanie prowadzi do trudności technicznych związanych z obróbką dużej liczby danych produkowanych podczas obserwacji. Dlatego do każdego interferometru wbudowano rotator fazy o prędkości rotacji zbliżonej do f /19/. Dzięki temu próbkowania danych można dokonywać znacznie rzadziej, w praktyce co 20 sek.. Okres ten nie może być jednak dłuższy niż wynikający z czasu przebywania anteny w jednej komórce na płaszczyźnie u, v tzn.:

$$t < \left(\frac{D}{\lambda} \frac{dH}{dt} \right)^{-1} \quad /20/$$

Obserwowany wycinek nieba posiada niewielkie rozmiary. Oznacza to, że względne zmiany częstości rotacji fazy dla dowolnego punktu w stosunku do centrum są małe i że strata informacji z tego powodu jest nieistotna.

Każdy z czterech użytych rotatorów fazy zawiera pięciobitowy przełącznik kabli o skoku $\lambda/32$ /11^o.25/. Prędkość rotacji w granicach od $f_0 = 10^4/10^{22}$ Hz do $511 f_0$ zadana jest z taśmy

sterującej i wynika ze zmiennego podziału częstotliwości zegara.

Rozdzielenie sygnału z anteny ruchomej a następnie jego kombinacja z sygnałami anten wschodniej i centralnej następuje przy pomocy pierścieni hybrydowych. Dodatkowe zapóźnienie $\lambda/4$ oprócz sygnału uzyskanego przy łączeniu bezpośrednim, umożliwia odbiór tego samego sygnału przesuniętego w fazie o 90° .

Umownie toru te nazywa się torami cosinusa i sinusa.

Dostarczają one dwu składowych wzajemnie ortogonalnych co oznacza, że w każdym momencie obserwacji posiadamy informację o amplitudzie i fazie odbieranego sygnału.

W celu zmniejszenia do minimum wpływu zakłóceń radiowych w każdym torze zastosowano dwa pracujące w antyfazie wzmacniacze pośredniej częstotliwości.

Po detekcji następują wstępna integracja, detekcja synchroniczna oraz integracja końcowa - typowe procesy przetwarzania sygnału stosowane w interferometrze z przełączaniem fazy.

Sygnały wyjściowe rejestruje się równolegle analogowo i cyfrowo używając specjalnie do tego celu skonstruowanych samopisów/z tarczą kodową na osi silnika/ oraz dziurkarek. Rejestracja cyfrowa sprzężona jest z systemem sterowania.

Otrzymane w postaci cyfrowej dane obejmują informację o aktualnej pozycji rotatora fazy oraz amplitudzie torów cos i sin dla każdej bazy.

Jeśli oznaczyć przez C i S aktualne amplitudy rejestrowanego sygnału to dla każdej próbki amplituda A i faza ϕ dane są przez wyrażenia :

$$A = (C^2 + S^2)^{1/2} \quad /21/$$

$$\phi = \arctg \frac{S}{C} - \frac{2D\pi}{\lambda} \cos \delta \sin H - \phi_R - \phi_G - \phi_C \quad /22/$$

gdzie

- ϕ_R stan rotatora fazy
- ϕ_G wpływ geometrii instrumentu
- ϕ_C błąd kolimacyjny - przyczynek instrumentalny.

Obserwując źródło punktowe o dokładnie znanej pozycji, przy znanej geometrii teleskopu wartość ϕ powinna podczas całej

dwunastogodzinnej obserwacji być stała i wynosić dokładnie ϕ_C . W syntezie rotacyjnej dla centrum pola $\phi = 0$ i dlatego dokładna znajomość ϕ_C jest bardzo istotna. W praktyce ϕ_C wyznacza się poprzez obserwację źródeł kalibracyjnych / punktowych dla tego teleskopu / poprzedzających każdą kolejną obserwację na nowej pozycji anteny ruchomej. Procedura taka zapewnia poprawne sfazowanie danych oraz ich kalibrację amplitudy przed właściwą obróbką.