

**Miglioramento della Stabilità di Fase nel
Ricevitore S/X di Noto**

G. Tuccari, G. Nicotra, S. Buttaccio, C. Contavalle

M. Sorgente

Rapporto Tecnico IRA 248/97

RAPPORTO INTERNO

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA

Via P. Gobetti, 101 - 40129 BOLOGNA (Italy)

Durante il 1996 e' stato riportato da parte del correlatore di Bonn un problema che coinvolgeva le osservazioni geodinamiche di Noto. La stabilita` di fase, monitorata attraverso l'iniezione di note di calibrazione all'intero sistema ricevente e di acquisizione, presentava un andamento estremamente irregolare. Tale comportamento era stato riscontrato in entrambe le bande osservative, S ed X.

Lo studio di tale comportamento ha portato alla determinazione di una significativa instabilita` nel sistema di oscillatore locale del ricevitore. Il fenomeno e' stato riprodotto in laboratorio e apposite variazioni sono state apportate al sistema ricevente. Il presente rapporto descrive gli interventi apportati.

1. Analisi dei dati

Ricordiamo che un pettine a larghissima banda (da 1 a 20 GHz circa) è emesso da un sistema denominato Antenna Unit e iniettato nel feed system o immediatamente dopo. Le note sono presenti ad ogni MHz intero e pertanto un numero notevole di esse risulta sempre cadere nella banda osservativa. Il controllo di esse durante il processo di correlazione permette la calibrazione del segnale radioastronomico vero e proprio. Le note vengono rivelate nel sistema di correlazione ed estratte attraverso la correlazione con una nota di frequenza e fase conosciuta. Il monitoraggio durante l'intero esperimento evidenzia le instabilità presenti per una qualsiasi ragione del sistema di ricezione, campionamento, formattazione e registrazione.

Le fig. 1 e 2, relative alle bande S e X rispettivamente, riportano il comportamento della fase della nota iniettata nel sistema ricevente durante un esperimento in cui il problema era evidente. I diversi simboli delle figure si riferiscono ad una diversa sorgente osservata durante la determinazione della fase della nota di calibrazione. In particolare facciamo notare come la * (stella) rappresenti più di una sorgente, mentre gli altri simboli (cerchio, quadro, croce, triangolo, rombo) indicano una specifica sorgente. Al variare del tempo nell'arco delle 24 ore in banda S si nota una variazione lenta, ancora ben distinguibile, e un rumore sovrapposto a questa estremamente rilevante, pari a circa 120 gradi. Da una analoga analisi della nota rilevata in banda X, risulta impossibile evidenziare sia un andamento lento, sia stimare l'ampiezza del rumore. Il grafico di fig. 2 è infatti estremamente caotico ed irregolare.

Da una analisi più attenta possono essere fatte alcune altre considerazioni. I simboli dei grafici se estratti, ad esclusione delle stelline, denotano un loro andamento, diverso simbolo per simbolo.

Gli scan nelle osservazioni geodinamiche si alternano a tempi molto brevi con passaggi da una sorgente all'altra. Appare evidente come nel passaggio da una sorgente all'altra, anche a tempi successivi molto brevi, la fase tenda a tornare su valori simili quando la sorgente osservata è la stessa. Viceversa in tempi successivi molto brevi, se osservata una sorgente diversa, i valori di fase sono anche fortemente differenti. Da ciò si evidenzia un rumore di fase non dipendente dal tempo o dalla temperatura, ma dalla sorgente puntata, ovvero in altri termini dalla posizione del cielo osservata.

Un comportamento di tale tipo è assai poco prevedibile. L'antenna punta una zona del cielo al variare dell'angolo di azimut e quello di elevazione. Quindi l'uno o l'altro o entrambi sembrano essere le variabili in gioco.

Dalla determinazione locale della fase del segnale di calibrazione è stato possibile rilevare una sostanziale invarianza della fase in funzione dell'angolo di rotazione azimutale. Ciò con l'unica

eccezione di una zona, in regione CW compresa tra 28 e 33 gradi circa, in cui si assiste ad un salto di fase notevole, ampio anche piu` di 180 gradi in banda S. Questa zona e` comunque molto ristretta e non giustifica la grande variabilita` in tutta l'area di copertura di cielo.

Un analoga determinazione al variare dell'angolo di elevazione, ha mostrato come il variare di questo, nel passaggio dei 40 - 50 gradi comportava un sistematico salto di fase maggiore di 100 gradi.

Misure analoghe sono state ripetute con ricevitori differenti, e non sono state rivelate variazioni cosi` rilevanti, da attribuire al piegamento dei cavi rispetto all'asse di elevazione. Quindi la variazione era da imputare al ricevitore S/X stesso.

2. Analisi sul ricevitore

Le sezioni coinvolte nella variazione di fase osservata possono essere le seguenti:

- a) percorso del segnale di riferimento proveniente dal sistema di calibrazione del ground-antenna system;
- b) oscillatore locale;
- c) feed system;
- d) elettronica del ricevitore.

L'ultimo punto può essere presto escluso, considerando come le variazioni di fase stimabili dal grafico di fig. 1 e quello di fig. 2, a parità di sorgente e di tempo osservativo, sono nella banda X circa quattro volte, rispetto a quelle rilevabili dalla banda S. L'elettronica è indipendente, e le variazioni di fase che dipendono dalla inclinazione, sono veramente difficili da attribuire ad oggetti costruiti a stato solido.

Il feed system si è verificato essere ben saldamente fissato alla struttura di sostegno del ricevitore e comunque il sistema di inserzione delle note di calibrazione è indipendente nelle due diverse sezioni relative alle due bande. In particolare nella banda S, le note vengono inserite attraverso un accoppiatore direzionale, posto a valle del polarizzatore. Questo è quindi un componente esterno al feed system stesso anche se meccanicamente fissato a questo. In banda X l'accoppiatore direzionale precede invece il polarizzatore ed è parte integrante del feed.

Il sistema composto dall'antenna unit e dalle connessioni di questa al segnale proveniente dalla ground unit e in uscita, agli accoppiatori che lo convogliano al feed system, risulta ben fissato e immune a movimenti di qualsiasi parte in funzione dell'inclinazione del ricevitore.

L'oscillatore locale è composto da un oscillatore a doppia frequenza, commerciale di tipo CTI-P8333. Questo, a partire da un riferimento di frequenza a 5 MHz, genera 2020 MHz e 8080 MHz agganciati in fase al riferimento. La prima frequenza è generata da una cavità meccanica, la seconda è costituita da un quadruplicatore associato nello stesso contenitore.

Questo oscillatore è sembrato la causa di queste grandi variazioni di fase in funzione dell'inclinazione, poiché lui stesso costituito da parti meccaniche di aggiustamento.

È stato condotto un test in laboratorio per verificarne il comportamento al variare della sua inclinazione.

3. Test dell'oscillatore locale e sostituzione

In laboratorio è stata eseguita una misura di variazione di fase rispetto ad un riferimento. In fig. 3 è schematizzato il metodo adottato. Un sintetizzatore di frequenza genera un segnale CW a 2020 MHz agganciato in fase ad un segnale a 5 MHz di riferimento proveniente dal Maser-H. Lo stesso segnale a 5 MHz è usato come riferimento per produrre la 2020 MHz da parte dell'oscillatore locale CTI. Le due note sono inviate ad un mixer che fornisce una misura in DC della differenza di fase.

Tale uscita è monitorata con un registratore a carta. Una iniziale calibrazione delle scale è realizzata, modificando lievemente la frequenza del sintetizzatore in modo da produrre un battimento a bassissima frequenza, ben rilevabile dal registratore a carta, così da determinare le estremità di oscillazione.

Una prima fase di misura ha consentito di vedere come non vi fossero variazioni significative di fase per una posizione stazionaria del CTI. Ma al variare della inclinazione dell'oscillatore, la variazione di fase è comparsa, visibile chiaramente. L'effetto si evidenziava per inclinazioni superiore a circa 40 gradi, così come visto nell'intero sistema.

L'oscillatore, come già detto è composto da una cavità meccanica, e non è facilmente determinabile se questo effetto è implicito nell'oggetto stesso o è frutto di un malfunzionamento.

Indipendentemente da questo si è deciso di modificare la filosofia stessa di introduzione dell'oscillatore locale. In vertex è presente un sintetizzatore che può produrre la frequenza 2020 MHz, che può essere inviata tramite cavo coassiale al ricevitore, posto in fuoco primario.

Verificata che l'attenuazione fosse tale da consentire di ottenere un livello sufficiente al mixer delle sezioni di banda S, è stato acquistato un quadruplicatore a stato solido con amplificatore e filtro per ottenere la frequenza di oscillatore locale per la banda X (8080 MHz).

La fig. 4 riporta lo schema adottato con i livelli ottenuti.

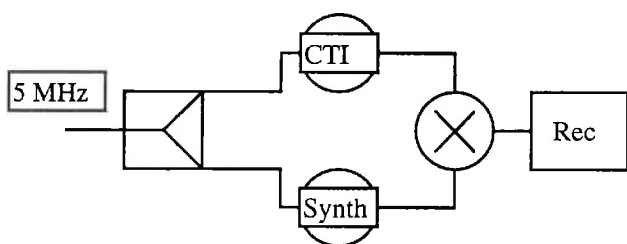


Fig. 3

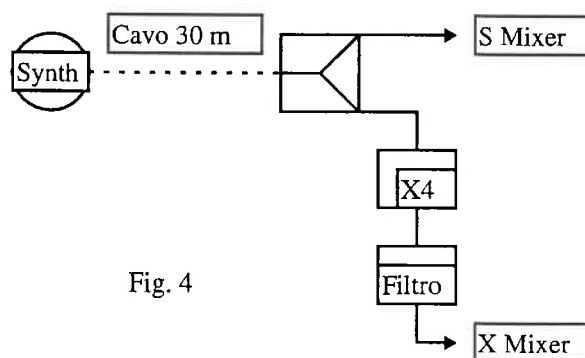


Fig. 4

5. Risultati

Le fig. 5 e 6 riportano, rispettivamente per la banda S e la X, le misure di fase ottenute, dopo la modifica apportata al ricevitore, al correlatore di Bonn. La fase è variabile in modo lento, indipendentemente dalla sorgente osservata e il rumore presente negli analoghi plottati iniziali (fig. 1 e 2) è sparito.

I risultati, significativamente migliorati, hanno consentito di puntare l'attenzione sulla residua variabilità e a tale scopo è stata avviata una serie di misure in funzione della più probabile causa di variazione della fase, ovvero la temperatura.

Nelle fig. 7, 8, 9, sono rappresentati in funzione del tempo, rispettivamente la fase, la temperatura esterna, e la temperatura della vertex, ove il sintetizzatore è posto. Si può evidenziare con una certa chiarezza, come la fase segua la temperatura della vertex in modo spiccato, piuttosto che quella esterna. Naturalmente la temperatura della vertex a lungo termine segue quella esterna, ma con delle variazioni locali dovute al condizionatore presente. Queste variazioni sono chiaramente leggibili in variazione di fase in misura di circa 100 gradi di fase/ grado centigrado a 8 GHz.

Il sintetizzatore è l'oscillatore locale per ogni ricevitore e in seguito alle indicazioni ricavate, sembra utile ottimizzare la stabilità di temperatura della intera vertex o quantomeno dello strumento, la coerenza ne è fortemente dipendente.

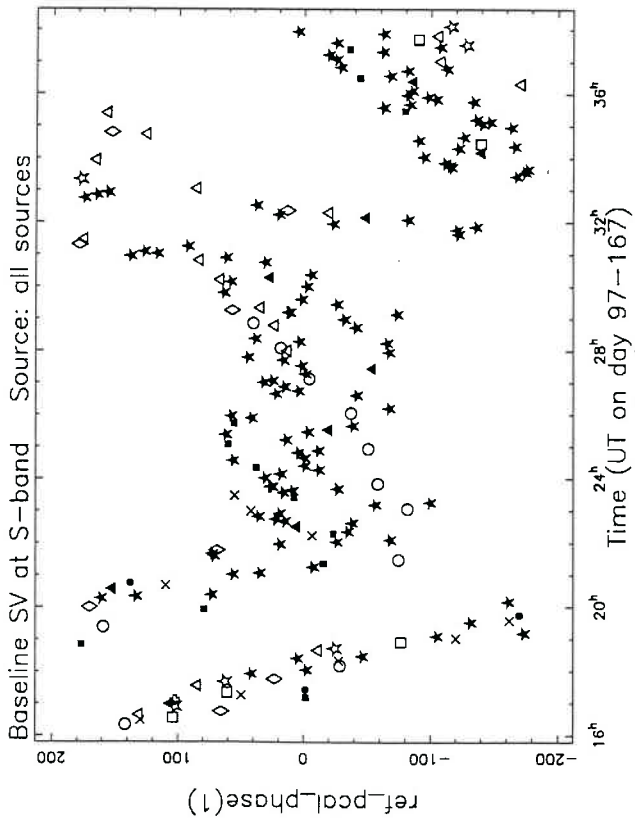


FIG. 1

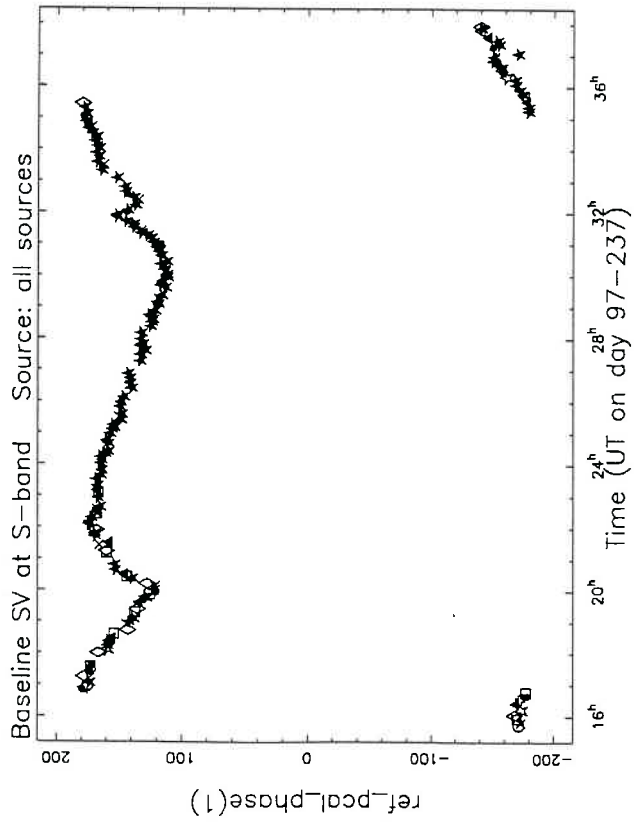


FIG. 5

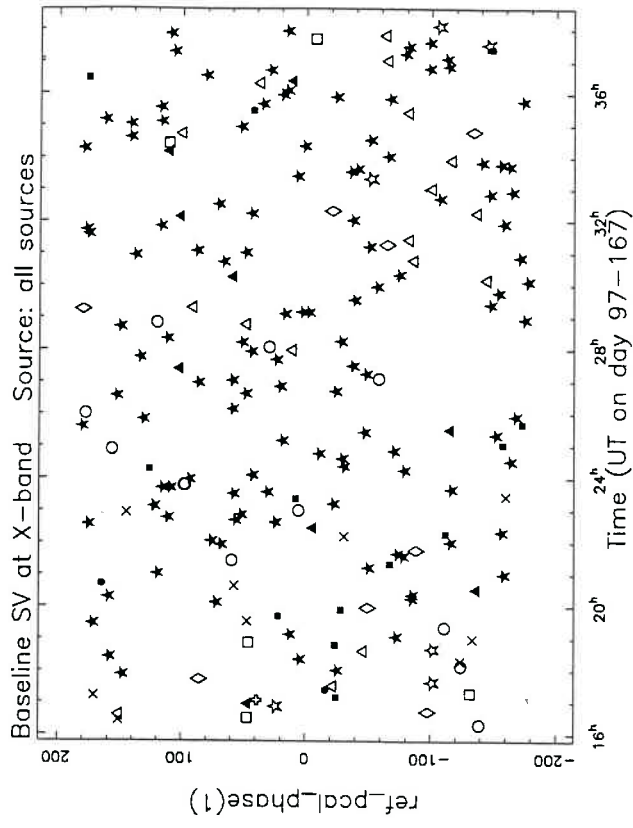


FIG. 2

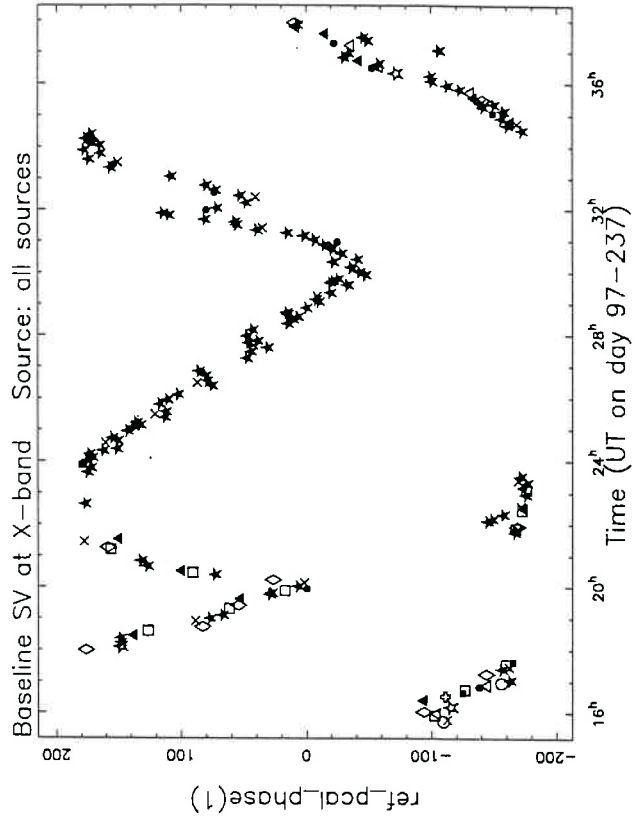


FIG. 6

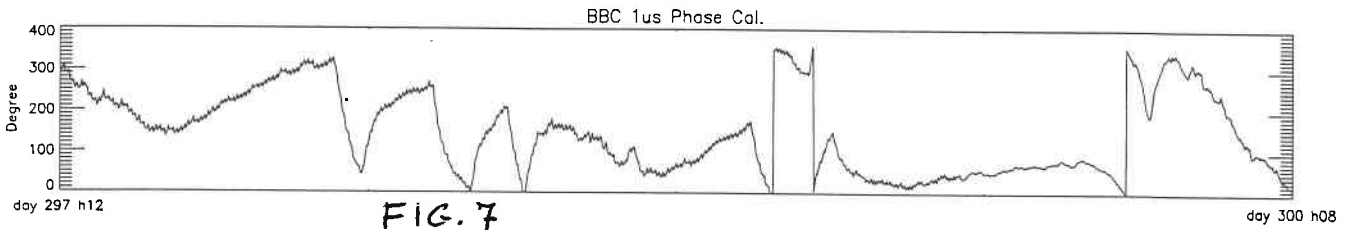


FIG. 7

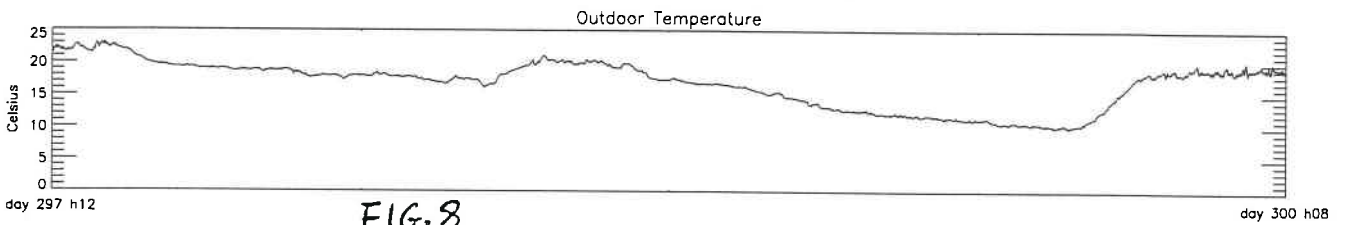
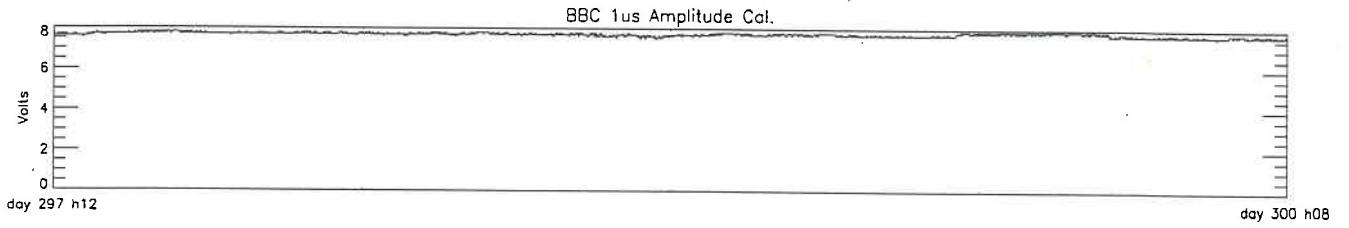


FIG. 8

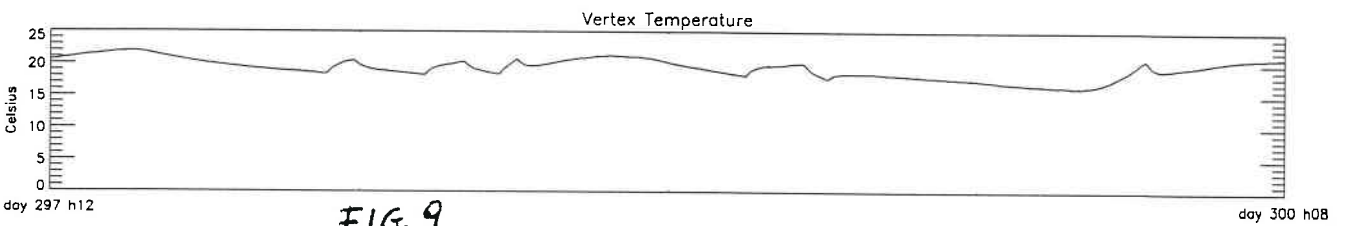


FIG. 9