



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	200
Publication Year	2022
Acceptance in OA@INAF	2022-12-01T09:13:55Z
Title	Calcolo dei valori di marca di rumore e composizione del multifeed banda Q
Authors	ORFEI, ALESSANDRO, RODA, JURI, MARIOTTI, SERGIO
Affiliation of first author	IRA Bologna
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/32736 , https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/200

***CALCOLO DEI VALORI DI MARCA DI RUMORE E COMPOSIZIONE DEL
MULTIFEED BANDA Q***

A. Orfei, J. Roda, S. Mariotti

07/11/2022

Revisore: Marco Morsiani

Il presente rapporto è stato redatto nell'ambito del progetto PON "Ricerca e Innovazione 2014-2020" - Avviso D.D. 424 del 28/02/2018 PON FSE FESR / PIR01_00010 "SRT_HighFreq - Potenziamento del Sardinia Radio Telescope per lo studio dell'Universo alle alte frequenze radio".

Sommario

Introduzione	2
1. Schema a blocchi e dati di partenza	5
2. Valori di marca ON nelle due polarizzazioni.....	7
3. Valori di marca OFF nelle due polarizzazioni.....	8
4. Considerazioni	9
5. Composizione del multifeed banda Q	10
6. Realizzazione e Misure di diversi prototipi di attenuatore	12
6.1 L'attenuatore nominale "14.7"	17
7. Prototipo: valori di marca ON nelle due polarizzazioni.....	19
8. Prototipo: valori di marca OFF nelle due polarizzazioni.....	20
9. Produzione di tutti gli attenuatori.....	21
10. Produzione: valori di marca ON nelle due polarizzazioni.....	24
11. Produzione: valori di marca OFF nelle due polarizzazioni.....	25
12. Conclusioni	26
13. Composizione finale del multifeed banda Q	27
14. Corrispondenza tra beam in cielo e feed del ricevitore	28

Introduzione

Il presente documento riassume i risultati ottenuti dalla produzione di 19 catene di iniezione di rumore necessarie a definire le marche di rumore del ricevitore criogenico multifeed operante nella banda 33-50 GHz (banda Q).

Sono stati prodotti a questo scopo diversi componenti in guida d'onda, il cui progetto aveva come obiettivo raggiungere funzioni di temperatura di rumore di marca iniettata ben definite e quanto più possibile costanti in frequenza. Un risultato non strettamente indispensabile, ma auspicabile, è stato anche quello di ottenere 19 funzioni molto simili tra loro.

Un vincolo di non poco conto è il ridotto spazio disponibile per collocare 19 sistemi riceventi insieme con i relativi 19 circuiti di marca: per risolvere il problema si è adottato il criterio di minimo ingombro (*minimum size criterion*), che consiste nel progettare ogni catena ricevente tale che rimanga dimensionalmente dentro l'immaginario cilindro la cui base è costituita dalla bocca dell'horn. In questo modo, le 19 catene riceventi non si ostacolano l'una con l'altra e risultano indipendenti tra loro. Questo criterio porta a ottenere altri importanti risultati,

- a) gli horn possono essere avvicinati quasi completamente, il che comporta la minima distanza tra i beam in cielo
- b) il criostato che contiene le 19 catene riceventi può avere minima dimensione
- c) si può rendere ogni catena ricevente estraibile dal criostato senza smontare altre parti, il che è massimamente utile per la manutenzione

E' da sottolineare il fatto che tutti questi risultati, che derivano dal progetto meccanico a minimo ingombro, sono stati ottenuti senza rinunciare ad alcuna specifica elettrica. Naturalmente ciò non è senza conseguenze. Il progetto elettrico infatti ha dovuto rinunciare a componentistica commerciale, non compatibile, in forma e dimensioni, col criterio di minimo ingombro. Tutti i dispositivi della catena ricevente sono stati progettati con dimensioni tali da soddisfare il criterio sopra enunciato. Fa eccezione l'amplificatore criogenico, commercialmente disponibile con dimensioni adeguate. In particolare sono stati realizzati seguendo il criterio menzionato:

- 1. tutta la catena feed system (horn, marker injector, polarizzatore e omt)
- 2. l'attenuatore che definisce il valore di marca
- 3. le scatole che contengono le conversioni di frequenza
- 4. la scatola che contiene il generatore di rumore
- 5. il particolare meccanico che consente la connessione tra le parti e il passaggio freddo/caldo nel criostato

Per ragioni di compattezza tutti i dispositivi sono realizzati in guida d'onda e connessi direttamente. Ciò si traduce positivamente anche nelle prestazioni elettriche.

Di seguito vengono mostrate alcune immagini delle parti della catena ricevente, parti che sono state replicate per realizzare i 19 pixel del multifeed. La fig. I.1 mostra il complessivo delle parti, tra loro connesse. La fig. I.2 mostra uno dei diciannove marker injector, mentre la figura I.3 uno dei diciannove attenuatori. La fig. I.4 uno dei diciannove dispositivi che consente la connessione caldo/freddo. La fig. I.5 uno dei diciannove generatori di rumore e, infine, la fig. I.6 due convertitori di frequenza necessari al pixel.

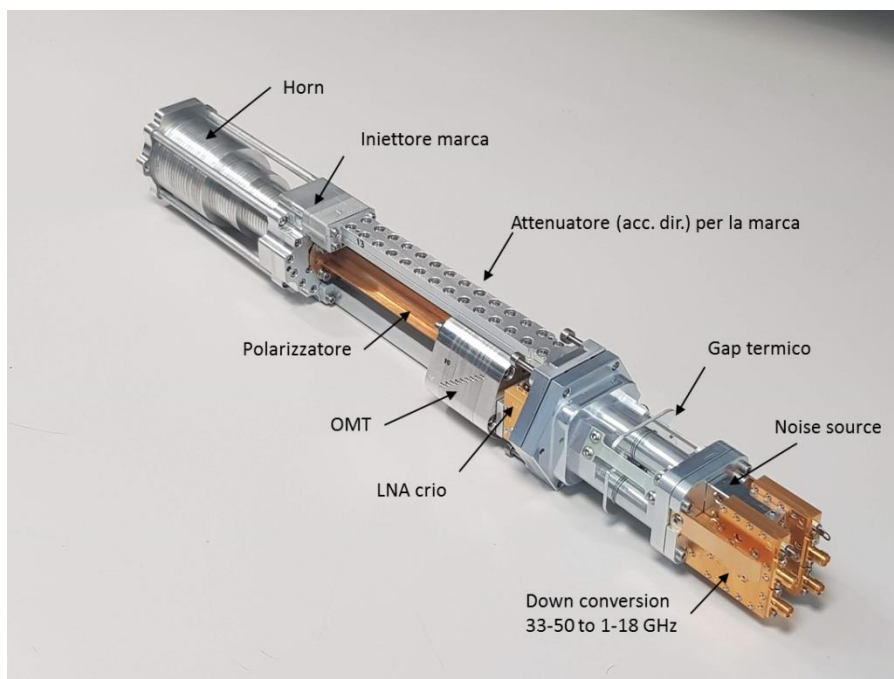


Fig. I.1 Uno dei 19 pixel del multifeed, completo in tutte le sue parti

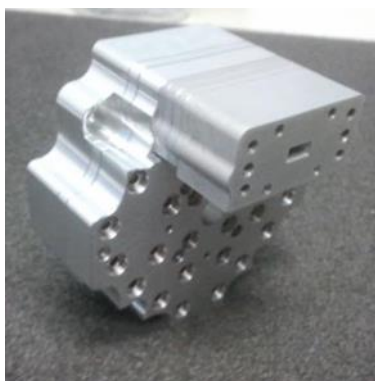


Fig. I.2. Uno dei 19 marker injector. In evidenza la guida rettangolare che funge da porta d'ingresso per il segnale di marca. Sotto questa guida si intravede, al centro del pezzo sottostante, la guida circolare che permette il passaggio del segnale principale a cui la marca andrà a sovrapporsi.



Fig. I.3 Uno dei 19 attenuatori costruiti.



Fig. I.4 Uno dei 19 "bicchierini", dispositivo che realizza il "gap" termico, esso consente il passaggio caldo-freddo per la connessione in guida d'onda a bassissima attenuazione ma frenando il calore delle seguenti parti:

- dai due amplificatori criogenici ai due convertitori di frequenza, in parte calda,
- del generatore di rumore (in parte calda) con l'attenuatore raffreddato, entrambi parte del circuito di marca.

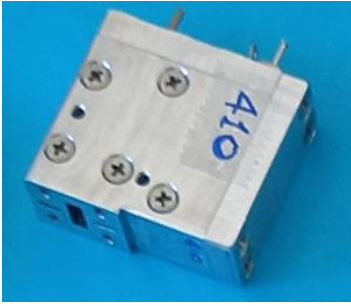


Fig. I.5 Uno dei 19 generatori di rumore costruiti (s/n 410).



Fig. I.6 L'insieme delle conversioni di frequenza per le due polarizzazioni di ciascun pixel del multifeed.

Questo rapporto definisce al primo capitolo quali valori di marca siano necessari e mostra lo schema a blocchi del circuito che definisce tale grandezza. Si calcola quindi la funzione di marca di rumore considerando le misure effettuate in laboratorio dei generatori di rumore costruiti e una funzione attenuatore teorica. I risultati di tale procedura sono riportati nei capitoli 2 e 3 e discussi nel capitolo 4. Il capitolo 5 riporta l'associazione dei numeri di serie dei vari dispositivi della catena ricevente, escluso però l'attenuatore, in quanto in quel momento non ancora nella fase finale di produzione.

Il capitolo 6 descrive quattro prototipi realizzati, con diverse funzioni di attenuazione e giustifica la scelta di quale di questi è utile per la produzione. La funzione del prototipo scelto viene applicata ai nuovi calcoli della funzione di marca di rumore, così da avere un quadro dei valori ottenibili (cap. 7 e 8).

Il capitolo 9 descrive la produzione di ulteriori 18 attenuatori e le misure di caratterizzazione in laboratorio. I risultati ottenuti consentono di calcolare, capitolo 10 e 11, i valori definitivi delle 19 funzioni di marca di rumore, provenienti, a questo punto, dalla misura di tutti i dispositivi realizzati.

Infine, il capitolo 12 trae le conclusioni del lavoro fatto, il capitolo 13 mostra la composizione finale delle 19 catene riceventi dovuta alla associazione dei numeri di serie dei vari dispositivi e il capitolo 14 descrive la corrispondenza tra posizione geometrica di ciascun feed con il *beam* da esso puntato in cielo.

1. Schema a blocchi e dati di partenza

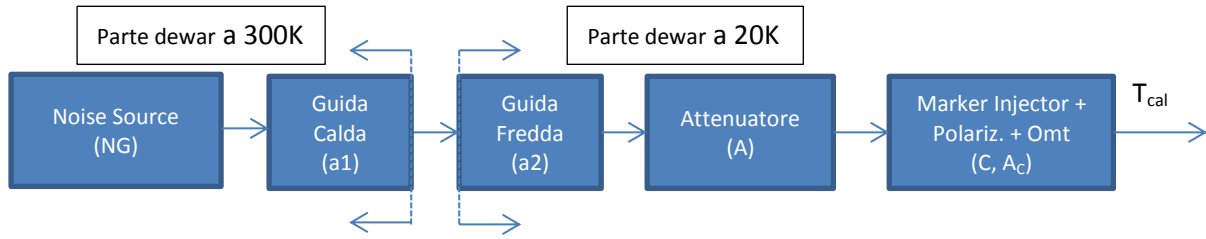


Fig. 1.1 Schema a blocchi del circuito di marca.

Le funzioni di trasferimento di tutti questi blocchi, misurate, saranno considerate per il calcolo della marca nelle due polarizzazioni.

I valori marca di rumore di partenza a cui si vuole arrivare sono indicati nelle due tabelle che seguono.

f [GHz]	Trx [K]	Tsys [K]
33	17	39
41.5	20	53
50	25	119

Tab. 1.1 Temperature del ricevitore e relative temperature di sistema

SCELTA DEL VALORE DI MARCA		
f [GHz]	Tsys*0.1 [K]	Tsys*0.05 [K]
33	4	2
41.5	5	2.5
50	12	6

Tab. 1.2 Possibili scelte dei valori di marca in funzione della frequenza.

Di seguito le formule per ricavare i valori di marca ON (Tcal) e OFF dati i parametri del circuito di marca (indicati tra parentesi in ogni blocco costituente di fig. 1.1).

$$T_{cal} = C * A * a1 * a2 * \left[290 * \left(10^{ENR/10} + 1 \right) + T_{fis}^{NG} \right] + C * A * a2 * (1 - a1) * T_{fis}^{a1} + C * A * (1 - a2) * T_{fis}^{a2} + C * (1 - A) * T_{fis}^A + C * T_{fis}^C * \left(\frac{1}{Ac} - 1 \right)$$

$$T_{off} = C * A * a1 * a2 * T_{fis}^{NG} + C * A * a2 * (1 - a1) * T_{fis}^{a1} + C * A * (1 - a2) * T_{fis}^{a2} + C * (1 - A) * T_{fis}^A + C * T_{fis}^C * \left(\frac{1}{Ac} - 1 \right)$$

In cui,

ENR = valore in dB della potenza di rumore del NG

C = valore di accoppiamento di potenza del marker injector

a1, a2, A, Ac = attenuazioni rispettivamente della guida in parte calda del “bicchierino”, della guida in parte fredda, dell’attenuatore, del marker injector

T_{fis} = le temperature fisiche a cui si trovano NG, la guida in parte calda del “bicchierino”, la guida in parte fredda del medesimo, dell’attenuatore e del marker injector

In pratica il valore di marca ON (Tcal) è essenzialmente determinato dal primo addendo, il valore di marca OFF ha invece bisogno di considerare tutti i contributi per avere una determinazione realistica.

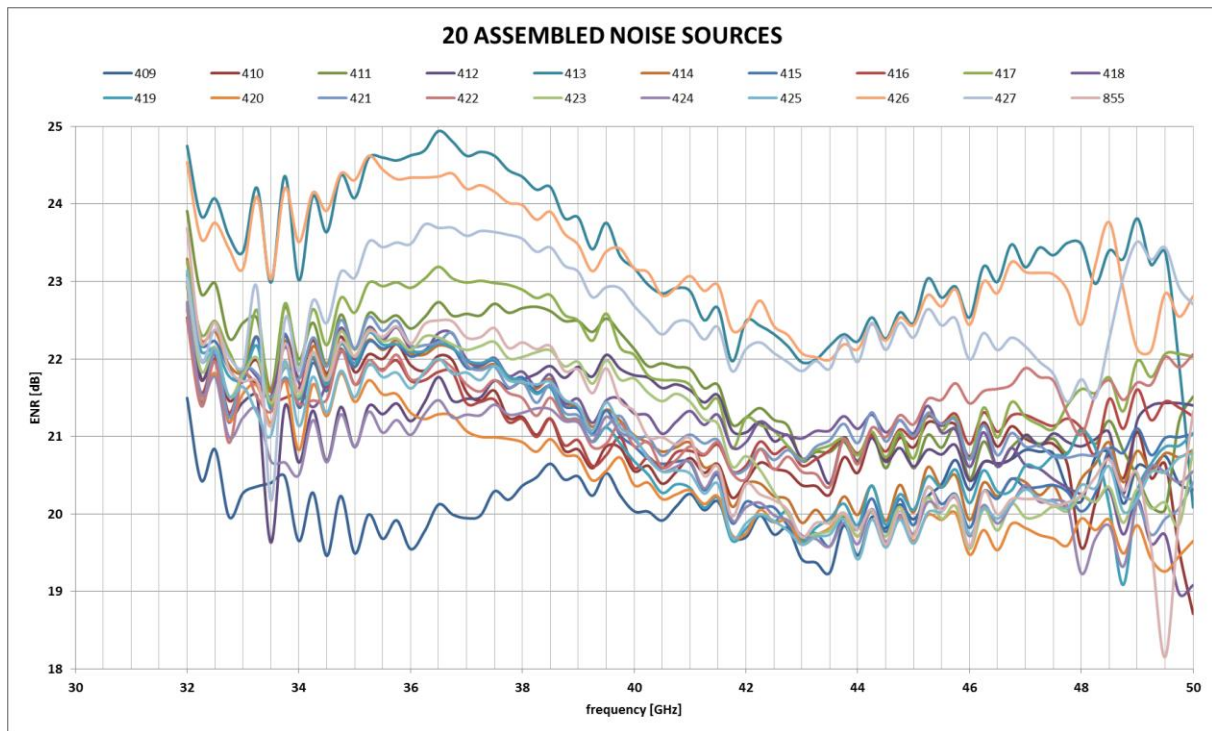


Fig. 1.2 Funzione ENR dei 19 Noise Generator.

Dei 19 NG sono state considerate le funzioni interpolanti, per sincronizzarsi con la notevole quantità di punti di misura con cui sono stati misurati i 19 Feed System. E' stato escluso il NS409, la curva in blu con valore più basso, in quanto da controllare. Si sceglie la curva attenuante riportata in fig. 1.3.

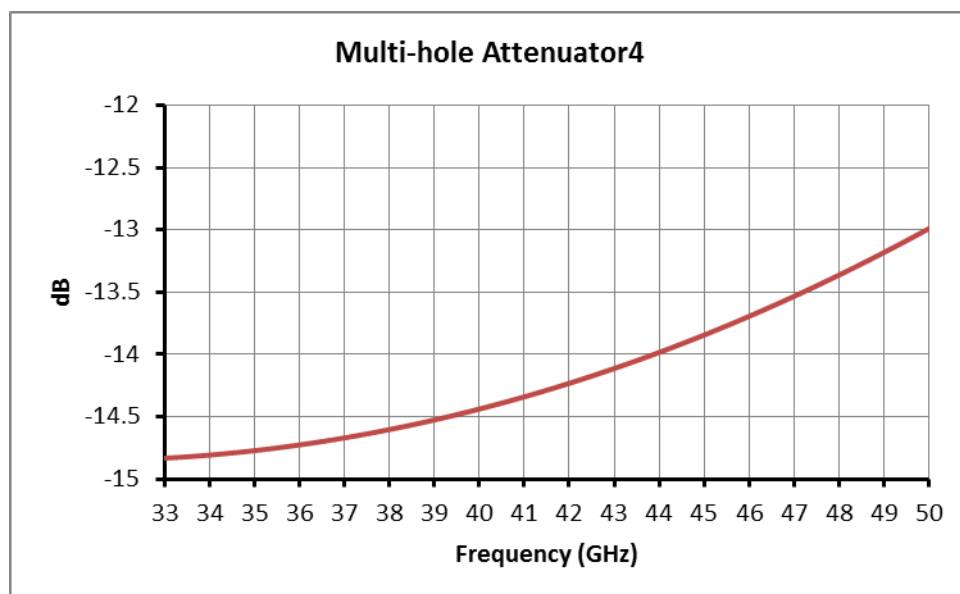


Fig. 1.3 Funzione Attenuazione dell'attenuatore. Assunta per ora uguale per tutti i 19 attenuatori.

La funzione assume una proprietà equalizzante della funzione ENR del NG alle alte frequenze. La curva esiste, oltre che in formula, anche in forma tabulata.

2. Valori di marca ON nelle due polarizzazioni

Con i valori riportati alla sezione 1 si ottengono i seguenti valori di marca ON.

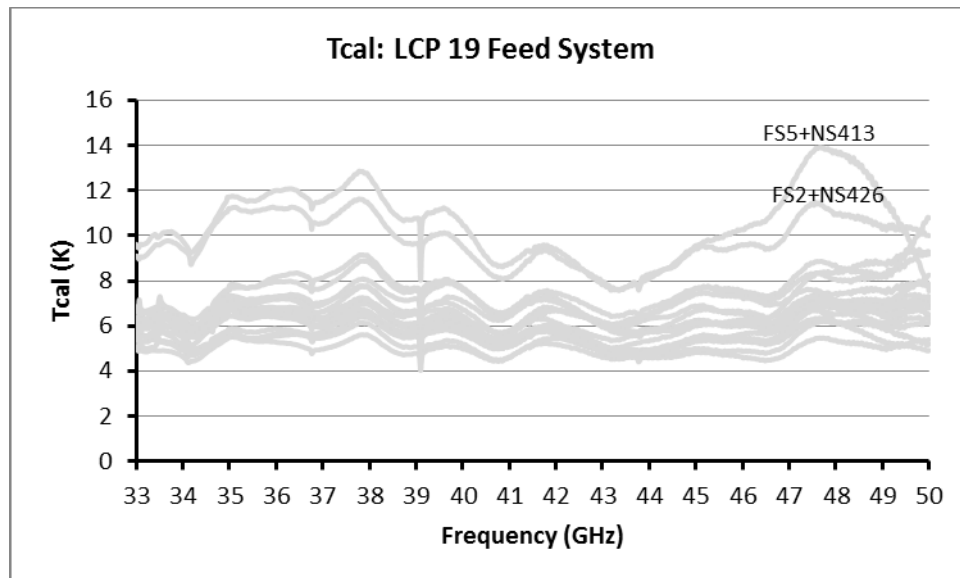


Fig. 2.1 Complessivo dei 19 valori di marca ON; LCP

Le Noise Source 413 e 426 sono quelle a maggiore valore di ENR.

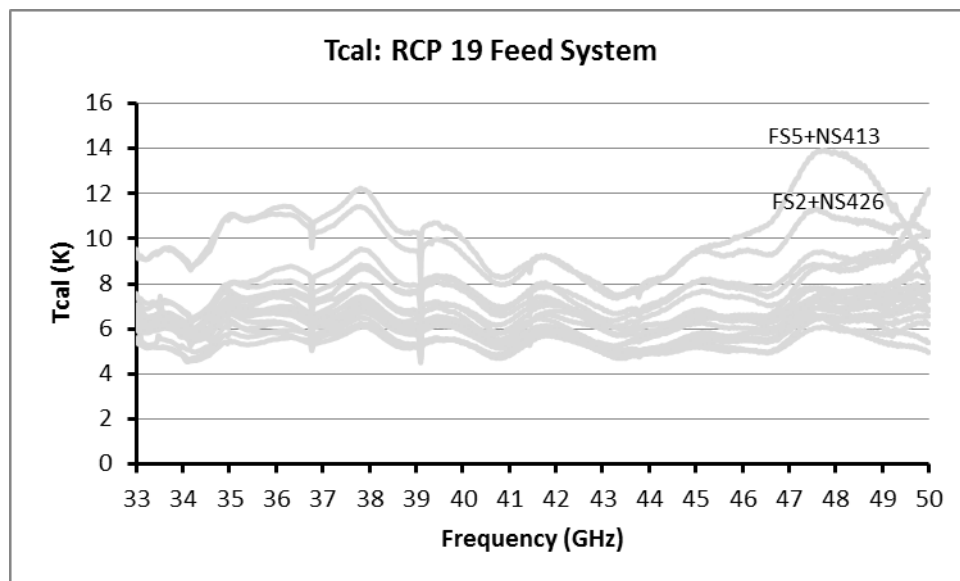


Fig. 2.2 Complessivo dei 19 valori di marca ON; RCP

3. Valori di marca OFF nelle due polarizzazioni

Con i valori riportati alla sezione 1 si ottengono i seguenti valori di marca OFF.

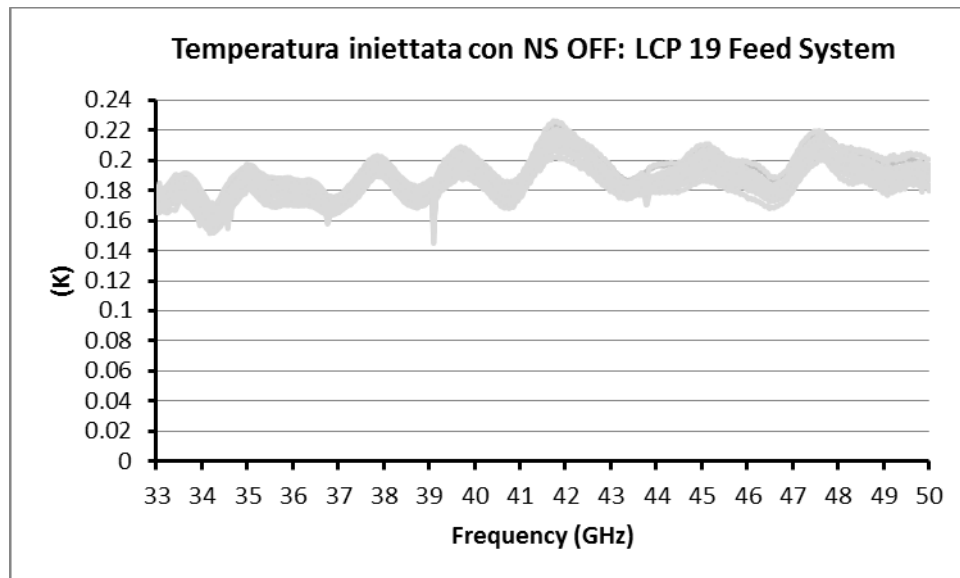


Fig. 3.1 Complessivo dei 19 valori di marca OFF; LCP

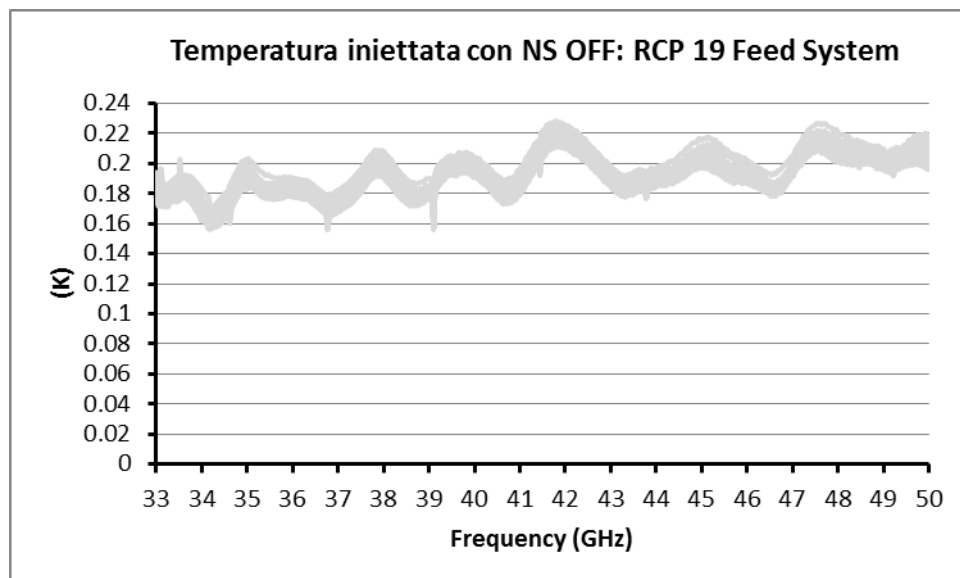


Fig. 3.2 Complessivo dei 19 valori di marca OFF; RCP

4. Considerazioni

La funzione attenuatore scelta, insieme con le associazioni tra i dispositivi che verranno riportati nel capitolo che segue, consente di ottenere valori di marca intorno al 10% della T_{sys} (si veda tab. 1.2). Fanno eccezione la catena FS5 e la FS2. Tuttavia, per motivi precedenti a questa indagine, il feed 5 è quello posto al centro del multifeed, ovvero quello che verrà usato per VLBI (si veda tab. 5.1). Il feed 2 è affiancato al 5 e può essere considerato quello da usare come dual-feed con il 5, oppure il sostituto VLBI se il 5 dovesse essere fuori uso: si noti che le due funzioni con i valori più alti di marca ON alle alte frequenze aumentano tanto da costituire il 10% della T_{sys} (tab. 1.2).

Pertanto, la scelta della funzione attenuatore è un buon compromesso e si possono costruire 19 attenuatori identici.

L'effettivo ottenimento dei valori di marca discussi nei capitoli precedenti dipende da una notevole mole di incertezze:

- 1) incertezza di misura. Si stima un valore $RSS = \pm 0.23$ dB
- 2) disuguaglianza delle 20 funzioni ENR. Dall'entità di questa disuguaglianza dipende l'uso o meno di un'unica funzione attenuatore.
- 3) variazione di ENR in banda (recuperabile dalla funzione attenuatore, che va in senso opposto alle alte frequenze: ma questo funziona solo se la funzione attenuatore è giusta)
- 4) diversità tra funzione attenuatore progettata e attenuatore costruito
- 5) influenza della precisione dei fori che realizzano l'attenuazione; essa è dovuta alla tolleranza di punta (0.1mm fornisce un paio di dB di incertezza; 0 dB se la tolleranza è qualche centesimo di mm).

5. Composizione del multifeed banda Q

I risultati precedenti derivano dal comporre la cascata dei vari dispositivi, Feed System e Noise Sources. Nella tabella che segue si riporta l'associazione dei numeri di serie di ognuna delle 19 catene riceventi. Sono stati inclusi anche cryo LNA e Qconv. Valgono le seguenti:

- a) I feed system sono numerati da 0 a 18.
- b) I numeri di serie delle Noise Source derivano dai serial number delle originarie Noise Source della NoiseCom da cui si è ottenuta la versione in casa.
- c) I numeri di serie degli LNA sono quelli indicati su ognuno di essi dal costruttore.
- d) I numeri di serie dei Qconv sono quelli che appaiono sul contenitore.

s/n NG	s/n Feed System	s/n LNA	s/n Qconv	Polariz.
413	5	27 7	22 5	LCP RCP
426	2	50 38	4 20	LCP RCP
427	14	21 43	2 9	LCP RCP
417	15	33 30	17 18	LCP RCP
411	4	45 36	19 21	LCP RCP
415	6	48 53	37 49	LCP RCP
414	12	1 47	7 8	LCP RCP
423	13	32 25	13 26	LCP RCP
421	17	17 35	48 10	LCP RCP
416	9	56 3	14 23	LCP RCP
418	0	40 20	24 29	LCP RCP
412	8	46 8	34 38	LCP RCP
422	11	23 54	1 6	LCP RCP
855	18	34 55	11 12	LCP RCP
410	16	13 12	15 16	LCP RCP
419	1	22 6	25 30	LCP RCP
425	3	42 57	35 27	LCP RCP
424	7	29 26	46 41	LCP RCP
420	10	39 5	32 39	LCP RCP



Tab. 5.1 Collegare in cascata i dispositivi secondo l'associazione indicata

6. Realizzazione e Misure di diversi prototipi di attenuatore

Sulla base delle considerazioni fatte nei precedenti capitoli e avendo come riferimento il progetto di attenuatore nominale di fig. 1.3 si è costruito un set di quattro attenuatori prototipo, il primo con fori nelle lamine che corrispondono a valori di attenuazione come in fig. 1.3, gli altri con +1dB, +2dB e -1dB di attenuazione rispetto a quello nominale.

L'algoritmo di progetto che porge in uscita i diametri dei fori della lamina consente solo l'impostazione di un valore intero di attenuazione. La fig. 1.3 avrebbe un valor medio di -14.3dB, pertanto si imposta -14dB; di conseguenza gli altri tre attenuatori saranno -13, -12 e -15 dB. L'esperienza dice che la sintesi della curva attenuante porgerà tra 0.5 e 0.8 dB in più di attenuazione, pertanto chiameremo arbitrariamente i quattro attenuatori coi simboli "12.7", "13.7", "14.7" e "15.7", riconoscendo il "14.7" come nominale.

Di seguito i valori dei fori da costruire sulle lamine per ognuna delle quattro sintesi:

risultati ottenuti dal calcolo				
	"12.7"	"13.7"	"14.7"	"15.7"
Foro N°	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)
1	0.872	0.846	0.821	0.797
2	1.335	1.294	1.254	1.216
3	1.604	1.555	1.508	1.462
4	1.644	1.594	1.546	1.499
5	1.604	1.555	1.508	1.462
6	1.644	1.594	1.546	1.499
7	1.644	1.594	1.546	1.499
8	1.604	1.555	1.508	1.462
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				

Tab. 6.1 Diametri dei fori delle lamine

Si noti che rispetto al foro centrale, il n.ro 8, la foratura è simmetrica. Per questo motivo non sono riportati i diametri dell'altra metà dei fori.

Per questioni inerenti alla lavorazione i diametri sintetizzati vanno arrotondati al centesimo più vicino, quindi la tabella 6.1 diventa la 6.2.

I fori effettivamente realizzati scontano poi la disponibilità di alesatori commerciali del diametro indicato in tab. 6.2:

- 1) sono mancanti alesatori per fori tra 0.8 e 0.9, pertanto i diametri in questo intervallo useranno alesatori o 0.8 o 0.9mm.
- 2) il diametro 1.51mm verrà realizzato con alesatore 1.50mm e quello 1.59 con alesatore 1.60mm

Si ottiene infine la tabella 6.3 che indica i diametri effettivi degli alesatori che verranno usati per forare le lamine

	"12.7"	"13.7"	"14.7"	"15.7"
Foro N°	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)
1	0.87	0.85	0.82	0.80
2	1.33	1.29	1.25	1.22
3	1.60	1.55	1.51	1.46
4	1.64	1.59	1.54	1.50
5	1.60	1.55	1.51	1.46
6	1.64	1.59	1.54	1.50
7	1.64	1.59	1.54	1.50
8	1.60	1.55	1.51	1.46
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				

Tab. 6.2 Diametri dei fori delle lamine arrotondati al centesimo

	"12.7"	"13.7"	"14.7"	"15.7"
Foro N°	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)
1	0.85	0.85	0.80	0.80
2	1.33	1.29	1.25	1.22
3	1.60	1.55	1.50	1.46
4	1.64	1.60	1.55	1.50
5	1.60	1.55	1.50	1.46
6	1.64	1.60	1.55	1.50
7	1.64	1.60	1.55	1.50
8	1.60	1.55	1.50	1.46
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				

Tab. 6.3 Diametri dei fori delle lamine ottenuti dagli alesatori disponibili

La figura 6.1 riporta la foto delle lamine costruite sulla base della tabella di foratura 6.3, riportata anche nella foto.

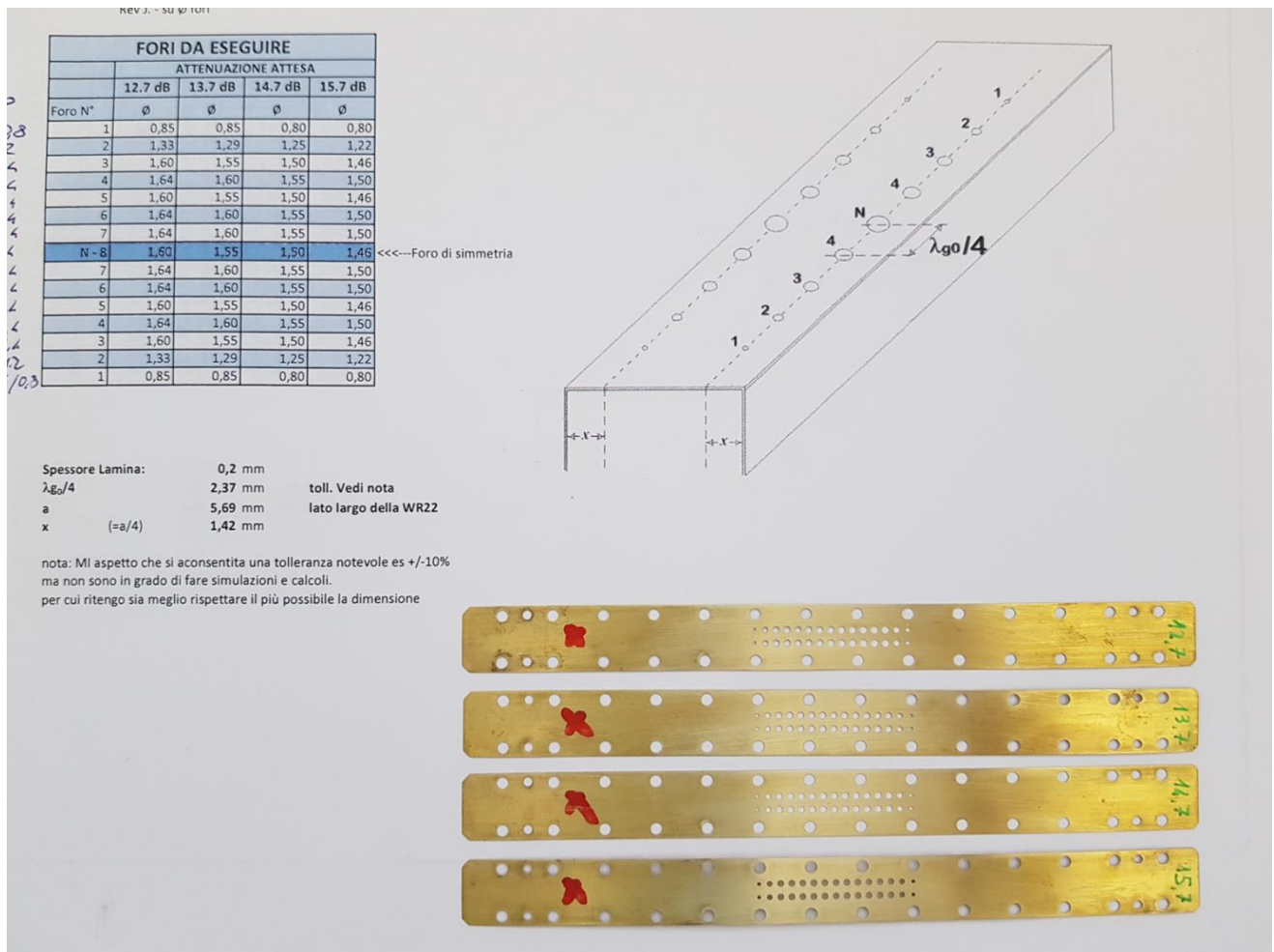


Fig. 6.1 Le quattro lamine costruite

La figura 6.2 riporta i valori di attenuazione misurati dei quattro prototipi.

Si nota che il valore di attenuazione nella "pancia" è sensibilmente più elevato del nominale, ad es. anziché 14.7dB si legge 15.3dB.

La curva del modello "13.7" (curva marrone) è diversa dalle altre. La causa è sicuramente dovuta al contatto elettrico della bocca della guida d'onda; si generano due fessure, una radiale (in quanto le shell presentano un piccolo smusso piuttosto che essere lavorate a spigolo vivo), l'altra longitudinale (cioè si propaga leggermente all'interno della guida d'onda, fig. 6.3).

Sono state fatte molte prove avvitando e svitando più volte, ruotando la lamina ecc. Il problema è più evidente nel "13.7", ma potenzialmente esso si verifica anche negli altri prototipi se non si cura bene il serraggio delle quattro viti di testa delle guide d'onda.

Il serraggio delle molteplici viti lungo il corpo attenuatore non è critico, anche con sole 6 viti rispetto alle 28 presenti si ottiene una curva stabile e ripetibile.

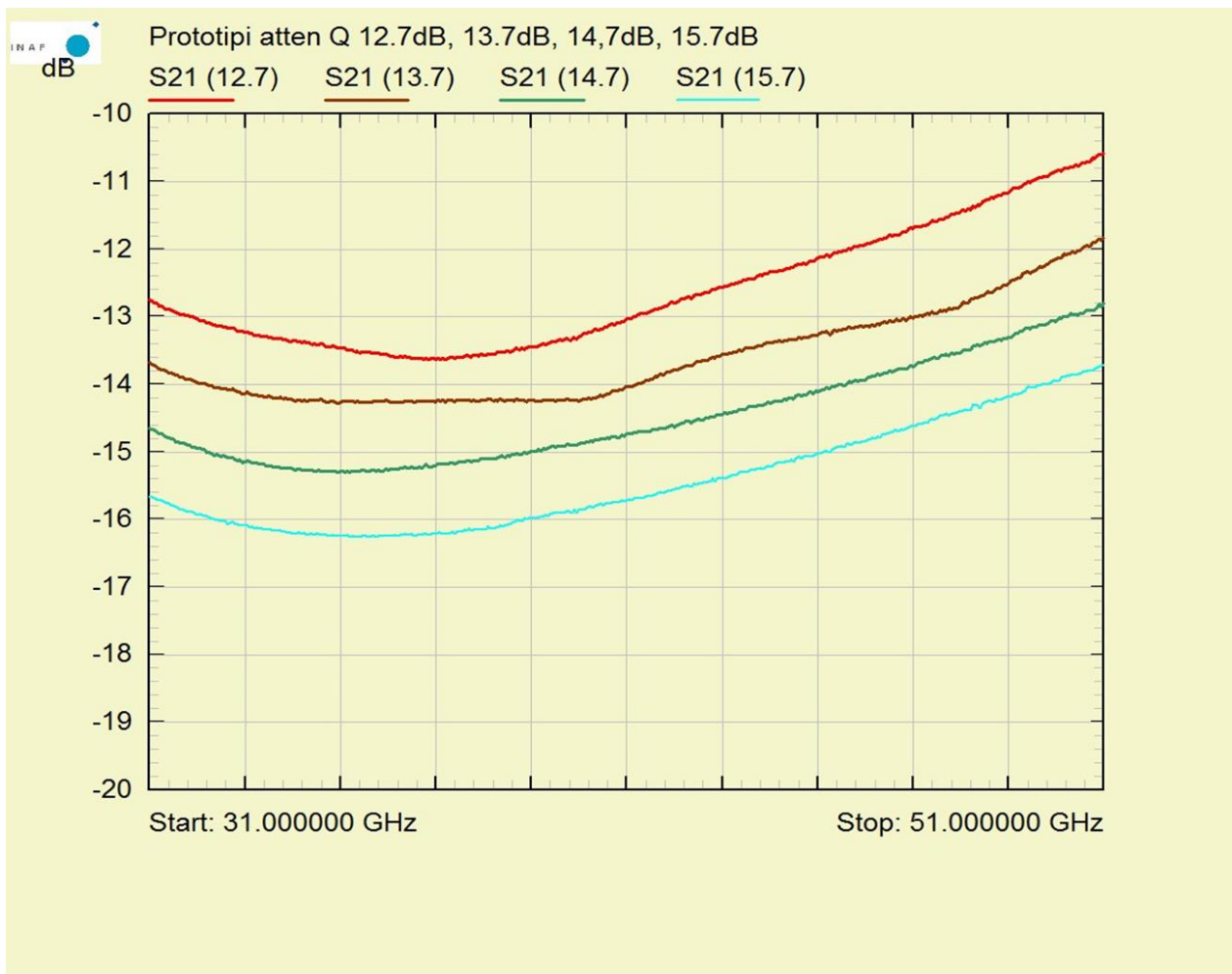


Fig. 6.2 Attenuazione dei quattro prototipi costruiti

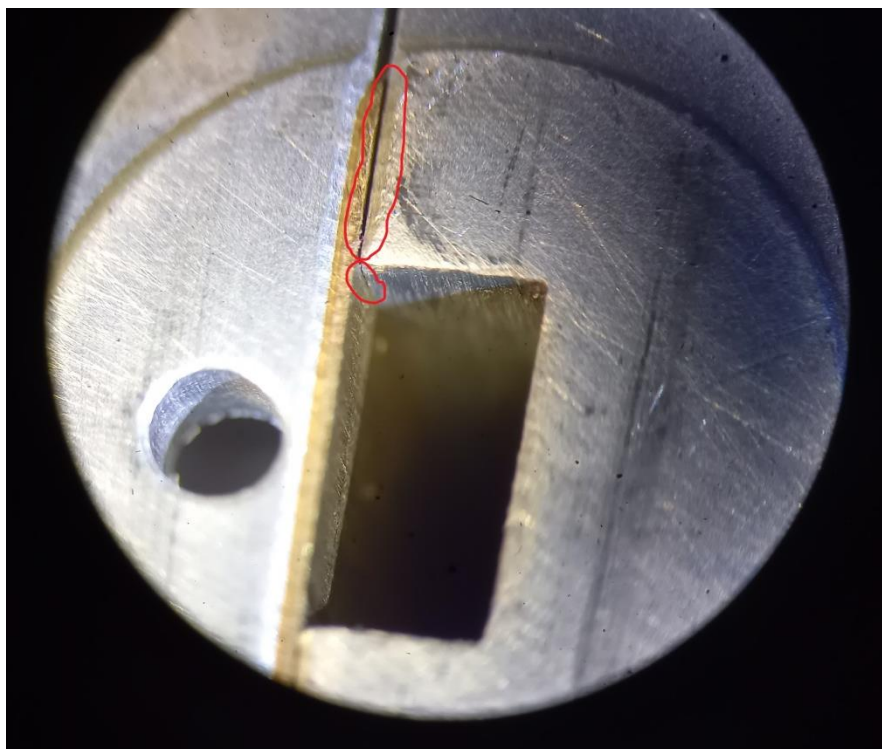


Fig. 6.3 Fessura alla bocca della guida d'onda

Per completezza si aggiungono gli andamenti degli altri parametri S di tutti e quattro i prototipi.

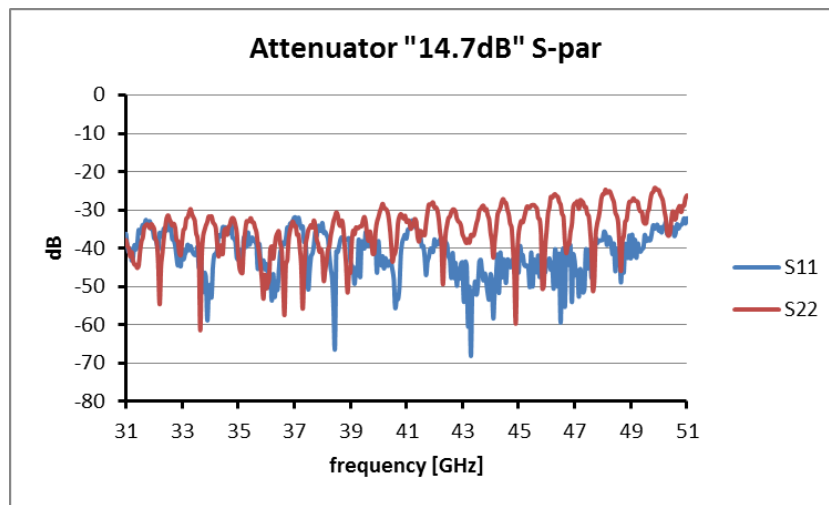


Fig 6.4 S11 e S22 del "14.7"

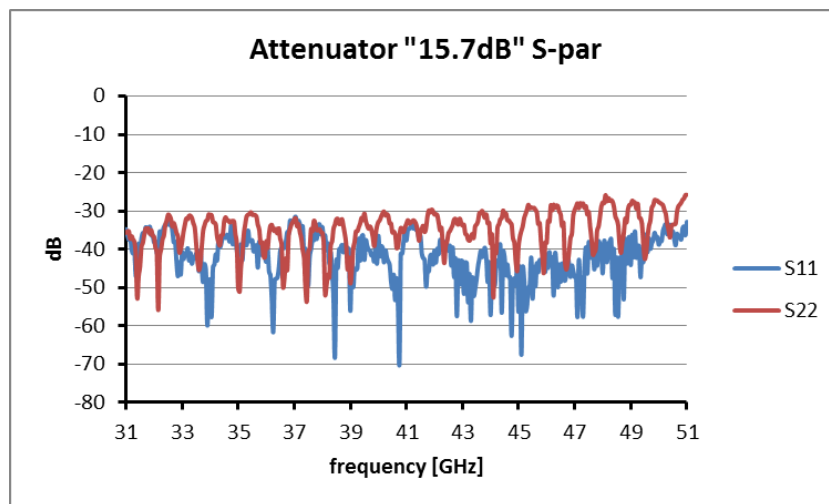


Fig 6.5 S11 e S22 del "15.7"

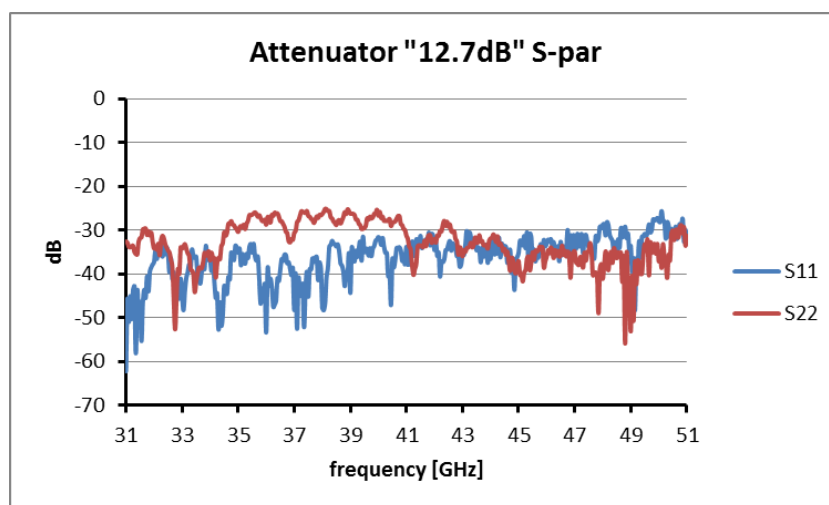


Fig 6.6 S11 e S22 del "12.7"

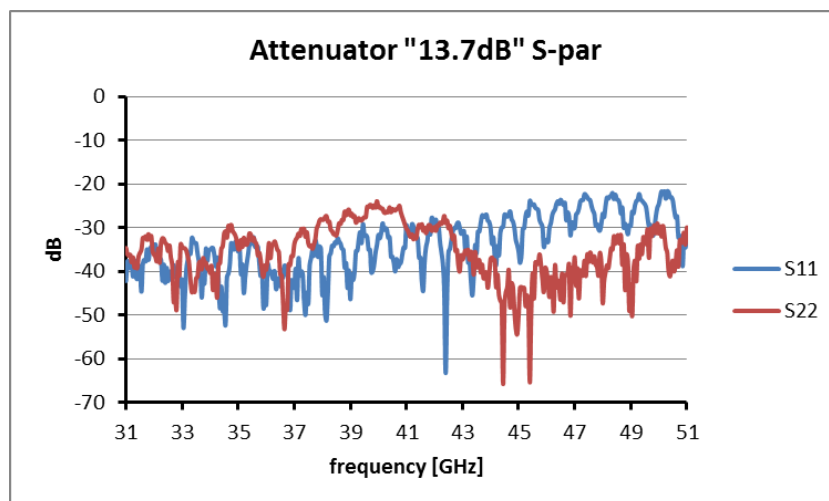


Fig 6.7 S11 e S22 del “13.7”

6.1 L’attenuatore nominale “14.7”

In fig. 6.1.1 si mostrano la curva nominale e quella misurata dell’attenuatore “14.7”. Nella figura 6.1.2 si evidenzia la differenza tra le due, frequenza per frequenza.

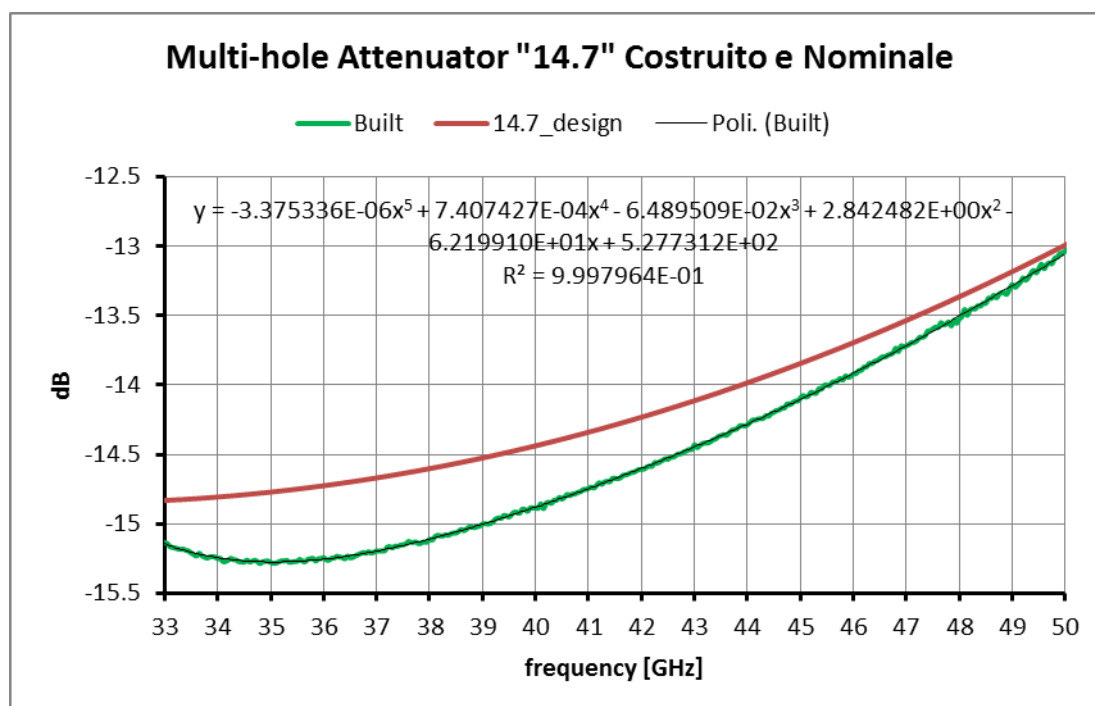


Fig. 6.1.1 Attenuatore “14.7” nominale e realizzato

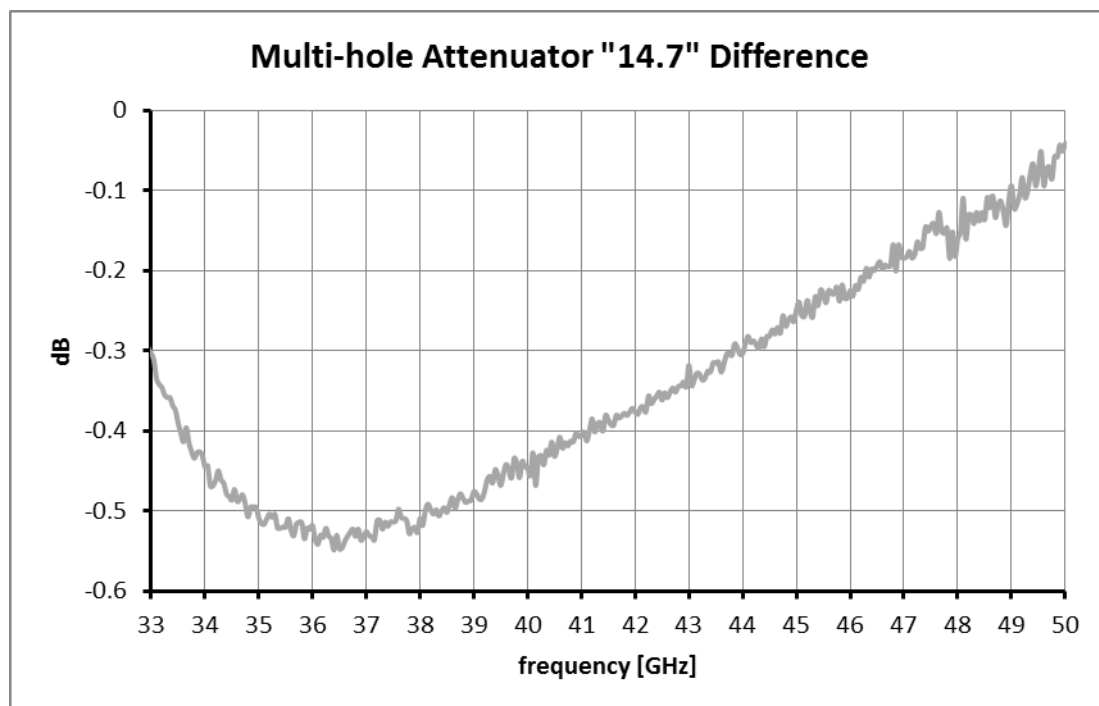


Fig. 6.1.2 Attenuatore "14.7", differenza tra costruito e nominale

7. Prototipo: valori di marca ON nelle due polarizzazioni

Il prototipo "14.7" costruito fornisce i seguenti valori di marca ON sulle 19 catene feed system. Per la credibilità dei risultati vale quanto scritto all'inizio di questo rapporto, cap. 1 dopo la figura 1.1, ovvero che le funzioni di trasferimento di tutti i blocchi costituenti il circuito di marca sono state misurate, ora anche la funzione attenuatore.

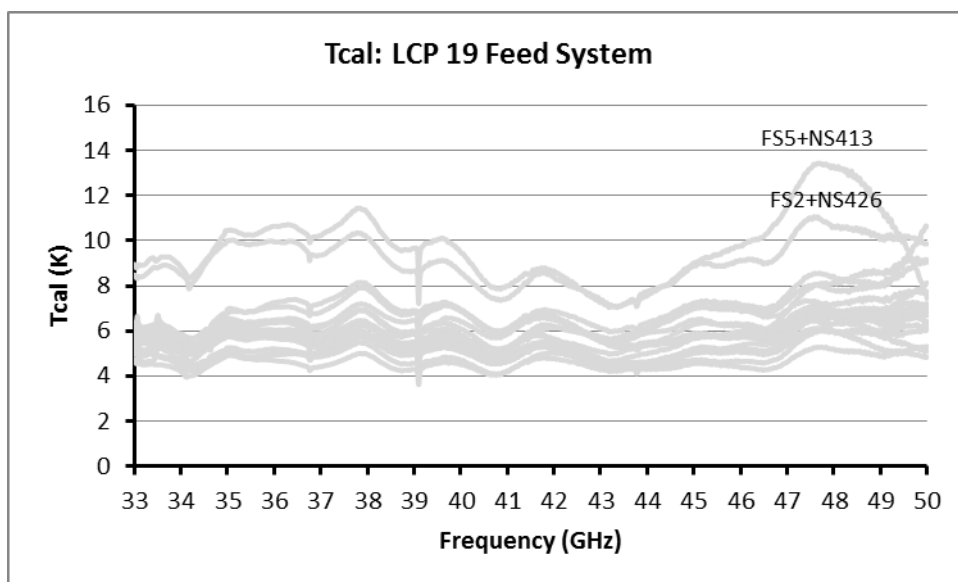


Fig. 7.1 Complessivo dei 19 valori di marca ON; LCP

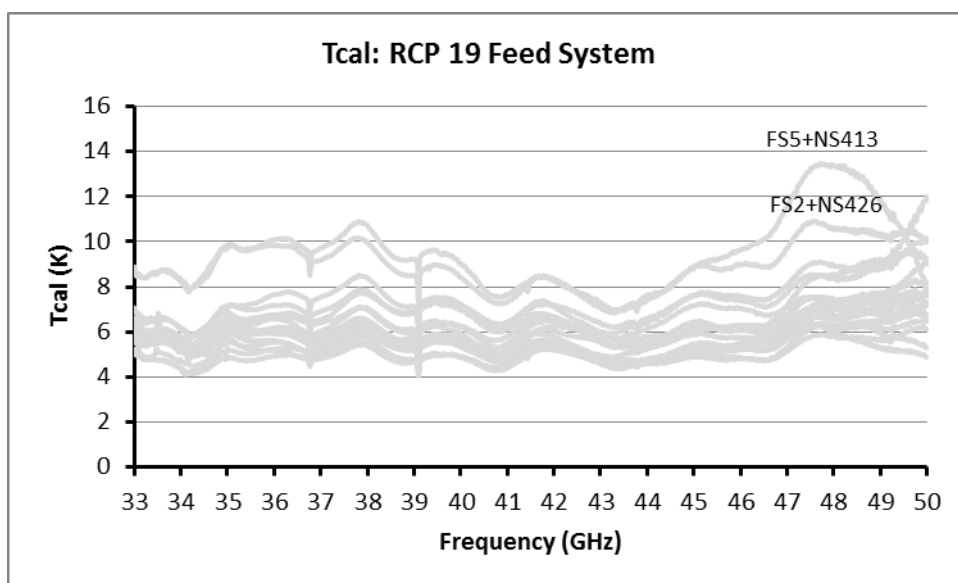


Fig. 7.2 Complessivo dei 19 valori di marca ON; RCP

8. Prototipo: valori di marca OFF nelle due polarizzazioni

Il prototipo “14.7” costruito fornisce i seguenti valori di marca OFF sulle 19 catene feed system:

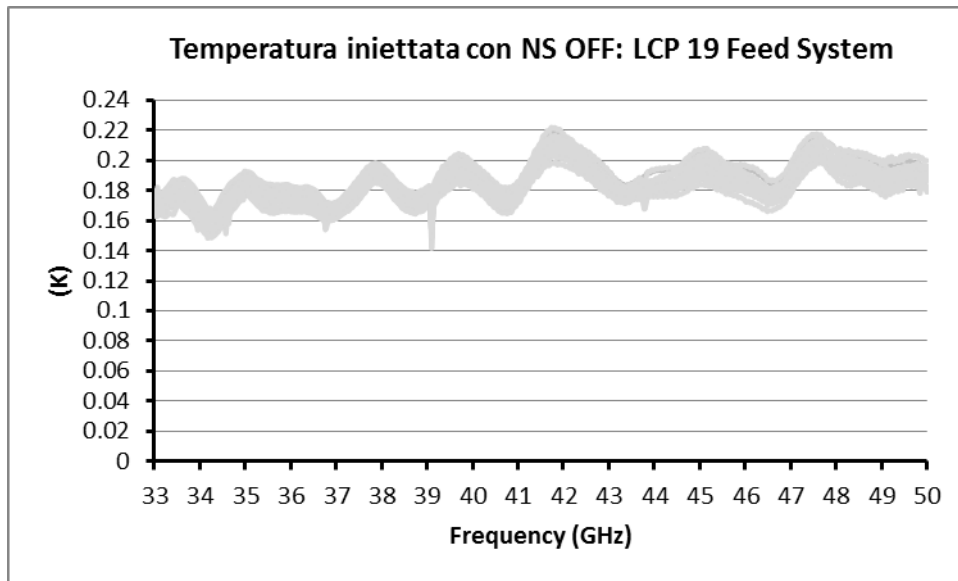


Fig. 8.2 Complessivo dei 19 valori di marca OFF; LCP

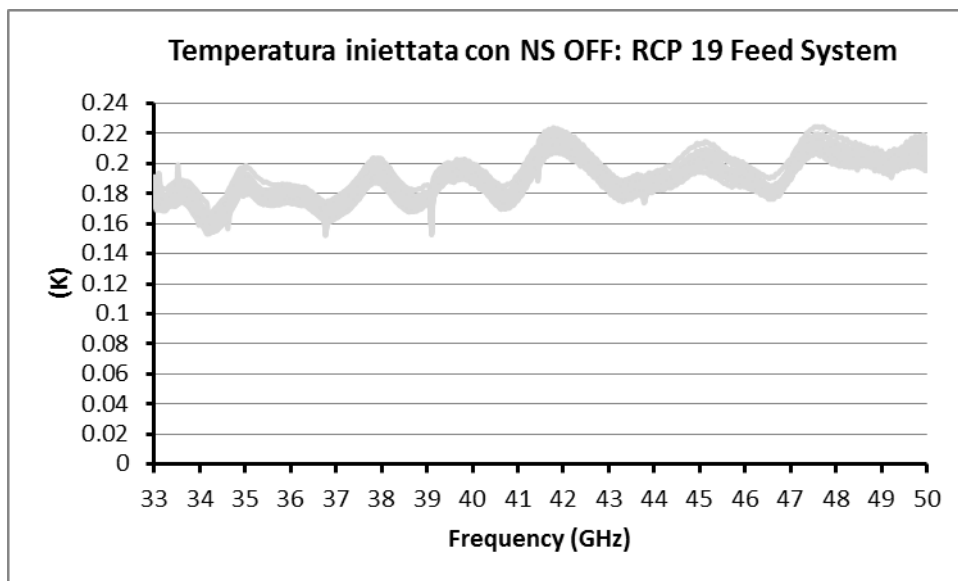


Fig. 8.3 Complessivo dei 19 valori di marca OFF; RCP

9. Produzione di tutti gli attenuatori

Una volta scelto l'attenuatore da replicare, il modello "14.7", e prodotte all'esterno le lamelle di produzione in numero di 18, queste ultime sono state soggette alla finitura dei fori in casa e montate all'interno di ciascuna guida d'onda.

Le misure sui 18 attenuatori, più il modello prototipo "14.7", sono state effettuate a caldo e hanno dato l'esito mostrato in figura 9.1.

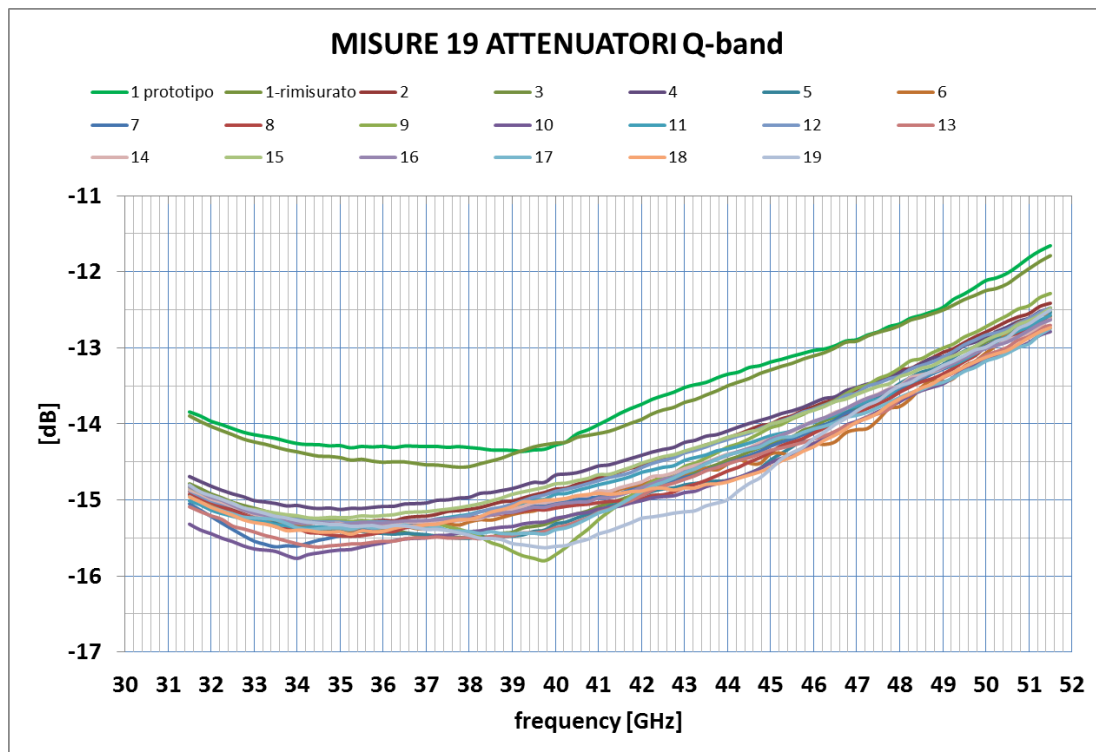


Fig. 9.1 Le misure dei 19 attenuatori

Quello che si nota è:

- tutti e 18 gli attenuatori mostrano una curva di attenuazione che è contenuta nella fascia di ± 0.5 dB nel caso peggiore, nella parte centrale della banda, ben meno agli estremi di banda. Ciò è rimarchevole e denota la precisione costruttiva
- l'andamento in frequenza è sostanzialmente identico tra tutte le curve, cioè esse sono tutte parallele una all'altra, fa in parte eccezione la curva 9 che ha un "buco" in prossimità di 40 GHz
- i 18 attenuatori mostrano tutti un'attenuazione maggiore di quella del prototipo, intorno a 1 dB in più. La causa di questo viene spiegata col fatto che la finitura dei fori ha lasciato una piccola bava su ogni foro, il che, di fatto, riduce leggermente il diametro dei fori stessi

L'incremento di attenuazione è accettabile, indicando che non vale la pena ripassare i fori delle lamelle per eliminare la bava rimasta; si tratta di centinaia di fori. Le due considerazioni (i) e (iii) suggeriscono di tentare di fare un'associazione tra attenuatore e relativo NG, per esempio collegando il NG con maggiore ENR (sono i s/n 413 e 426) con i due attenuatori di maggiore attenuazione; oppure collegando l'attenuatore prototipo (s/n 1) con il NG che mostra il minor ENR. Ciò al fine di ridurre al minimo le differenze tra le 38 curve di marca ON.

L'operazione di associazione è stata fatta ordinando tutti gli NG per valore decrescente di ENR e gli attenuatori per valore decrescente di attenuazione. La classifica è stata fatta con due metodi, uno valutando una per una le curve attenuanti e l'altro mettendo in ordine il valore medio di attenuazione. I risultati sono sostanzialmente identici nei due casi, con una leggerissima preferenza per quelli del primo metodo. Gli accoppiamenti sono come segue, il numero a sinistra della barra è il s/n del NG, il numero a destra è il s/n dell'attenuatore:

413/10; 426/18; 427/17; 417/7; 411/13; 422/5; 421/8; 416/19; 412/6; 418/3; 410/16; 423/9; 414/11; 415/14; 419/12; 855/15; 425/2; 420/; 424/1

Tutti gli attenuatori, così come i generatori di rumore, sono stati messi sotto vuoto per alcune ore per degassare e per verificare che non si abbiano rotture, specialmente sui coni che costituiscono i carichi alle porte dell'accoppiatore direzionale.

Tutti gli attenuatori sono stati sottoposti ad un ciclo termico che è consistito in raffreddamento criogenico e riscaldamento per due volte. Non ci sono state conseguenze.

Di un solo attenuatore, per verifica, sono stati misurati i parametri S in criogenia. La misura della curva di attenuazione a freddo ricalca quella a caldo.

Sono stati rifatti i calcoli dell'andamento di marca ON e OFF per tutte le 38 catene e i risultati sono riportati nei due capitoli che seguono.

Per completezza si riportano anche, in fig. 9.2 e 9.3, gli andamenti di S11 e S22 dei 19 attenuatori.

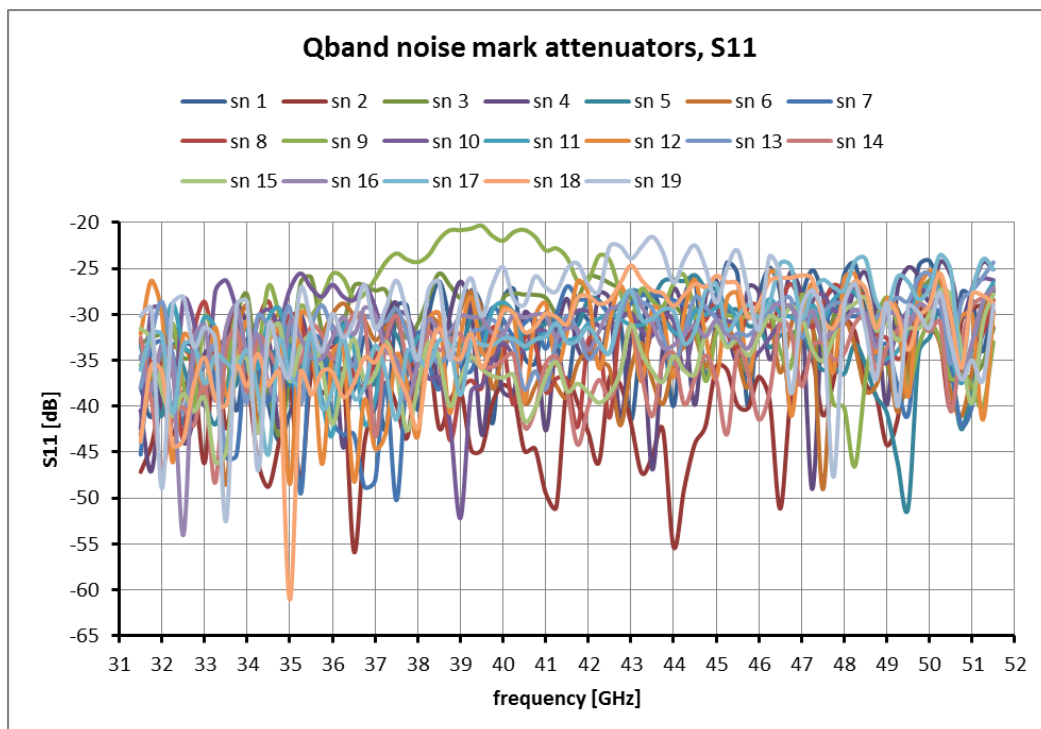


Fig. 9.2 S11 dei 19 attenuatori costruiti

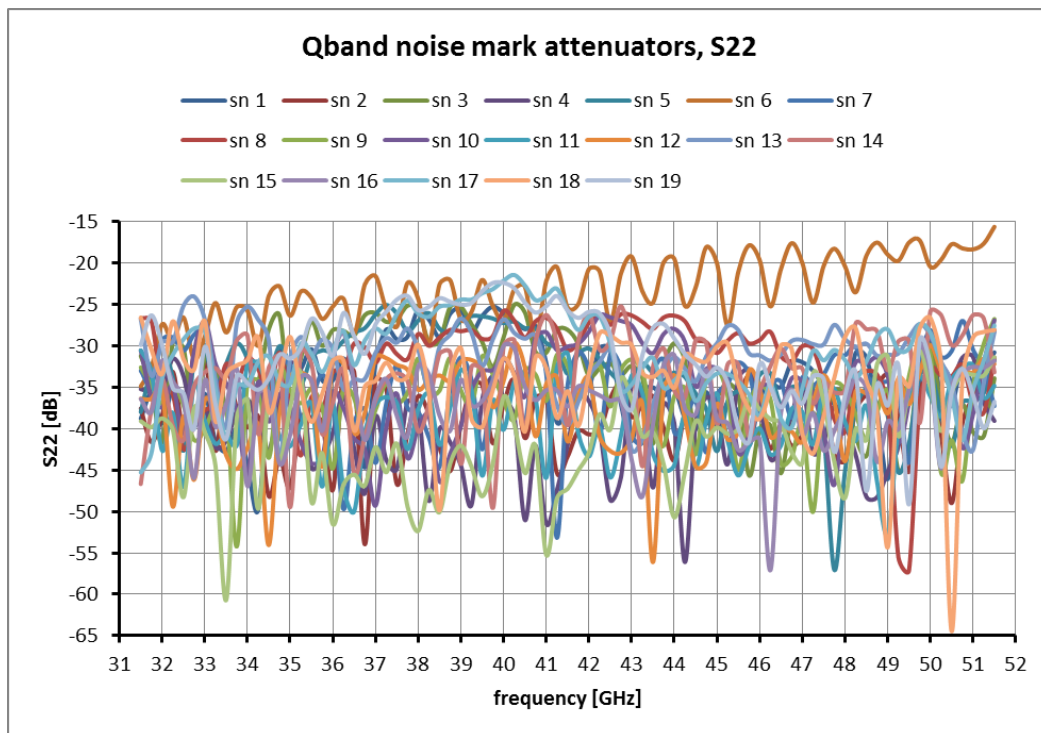


Fig. 9.3 S22 dei 19 attenuatori costruiti

10. Produzione: valori di marca ON nelle due polarizzazioni

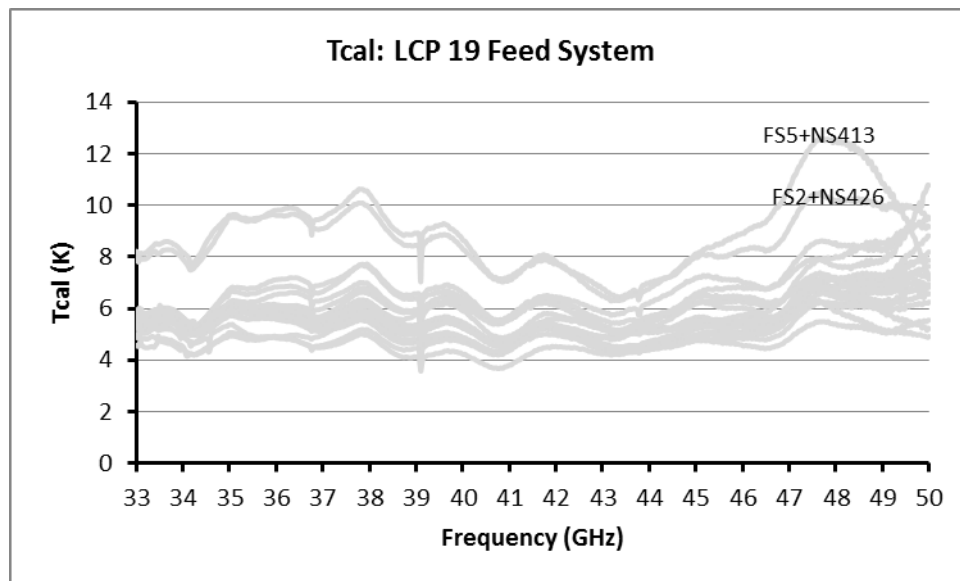


Fig. 10.1 Produzione finale: complessivo dei 19 valori di marca ON; LCP

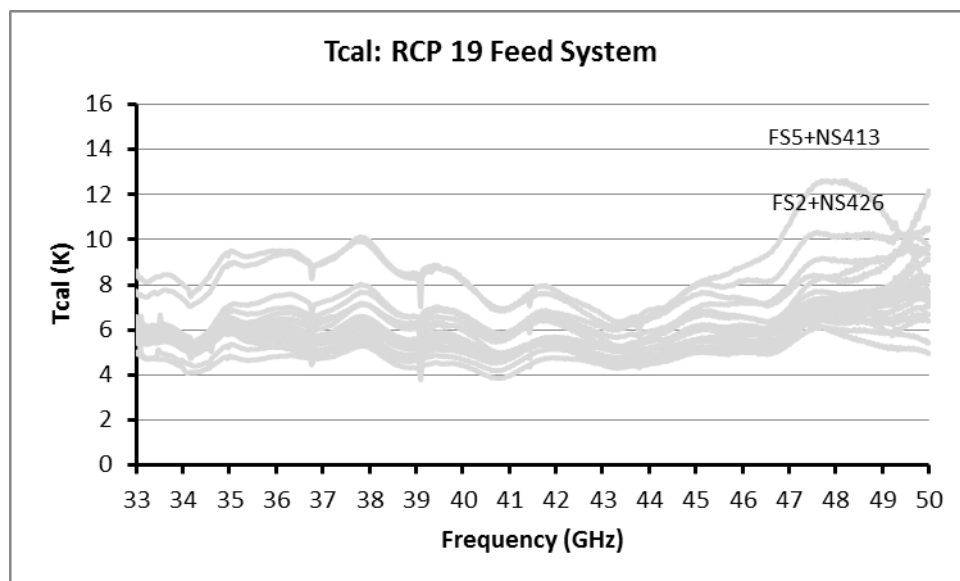


Fig. 10.2 Produzione finale: complessivo dei 19 valori di marca ON; RCP

11. Produzione: valori di marca OFF nelle due polarizzazioni

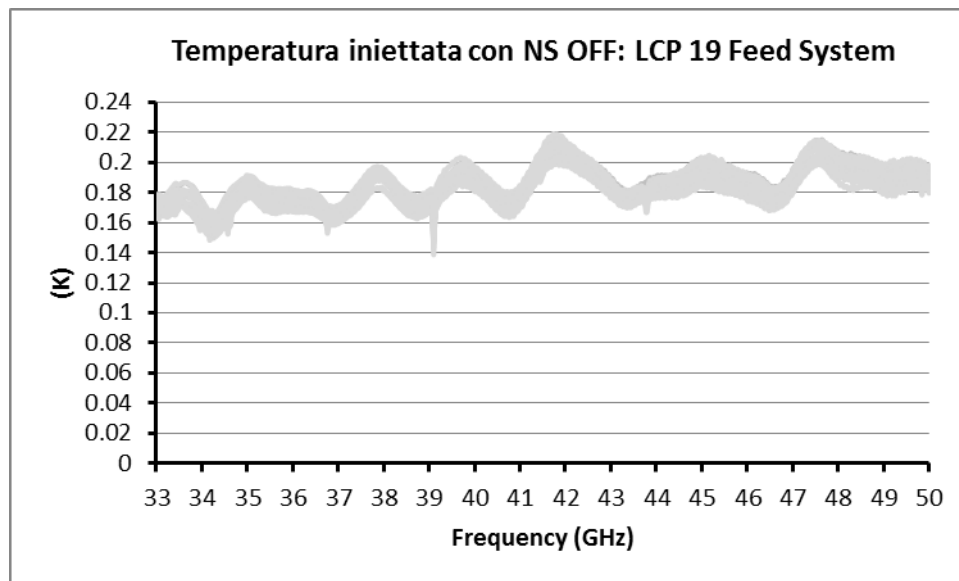


Fig. 11.1 Produzione finale: complessivo dei 19 valori di marca OFF; LCP

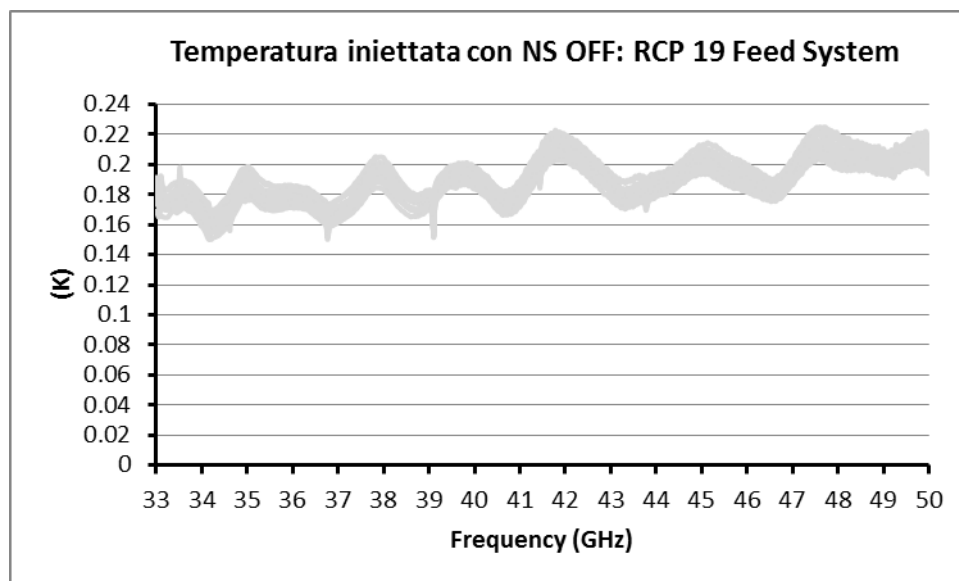


Fig. 11.2 Produzione finale: complessivo dei 19 valori di marca OFF; RCP

12. Conclusioni

E' stata usata una unica sintesi per tutti i 19 circuiti di marca, quella denominata "14.7".

La produzione di ulteriori 18 attenuatori ha dato risultati di funzione attenuazione non esattamente coincidenti con il prototipo "14.7". Tuttavia, il confronto tra i valori di marca che risulterebbero dall'uso di 19 funzioni uguali all'attenuatore prototipo modello "14.7" (figg. 7.1, 7.2 e 8.1, 8.2) con i valori di marca conseguenza delle 19 funzioni reali, di cui una è ancora la funzione prototipo, indica differenze non importanti (figg. 10.1, 10.2 e 11.1, 11.2). Al fine di minimizzare quanto possibile la diversità delle funzioni marca e di contenerne la variabilità in frequenza è stato deciso di associare ogni NG con un ben specifico attenuatore. I risultati di calcolo che ne derivano (figg. 10.1, 10.2 e 11.1, 11.2) prendono origine da misure su tutti i componenti coinvolti nella catena di ciascuna marca.

Sarà la misura diretta sulle 38 catene del multifeed assemblato a indicare quanto queste previsioni siano realistiche.

13. Composizione finale del multifeed banda Q

La tabella riportata al capitolo 5 può ora essere completata aggiungendo anche i serial number degli attenuatori che corrispondono al loro specifico generatore di rumore.

s/n ATT	s/n NG	s/n Feed System	s/n LNA	s/n Qconv	Polariz.
10	413	5	27 7	22 5	LCP RCP
18	426	2	50 38	4 20	LCP RCP
17	427	14	21 43	2 9	LCP RCP
7	417	15	33 30	17 18	LCP RCP
13	411	4	45 36	19 21	LCP RCP
14	415	6	48 53	37 49	LCP RCP
11	414	12	1 47	7 8	LCP RCP
9	423	13	32 25	13 26	LCP RCP
8	421	17	17 35	48 10	LCP RCP
19	416	9	56 3	14 23	LCP RCP
3	418	0	40 20	24 29	LCP RCP
6	412	8	46 8	34 38	LCP RCP
5	422	11	23 54	1 6	LCP RCP
15	855	18	34 55	11 12	LCP RCP
16	410	16	13 12	15 16	LCP RCP
12	419	1	22 6	25 30	LCP RCP
2	425	3	42 57	35 27	LCP RCP
1	424	7	29 26	46 41	LCP RCP
4	420	10	39 5	32 39	LCP RCP

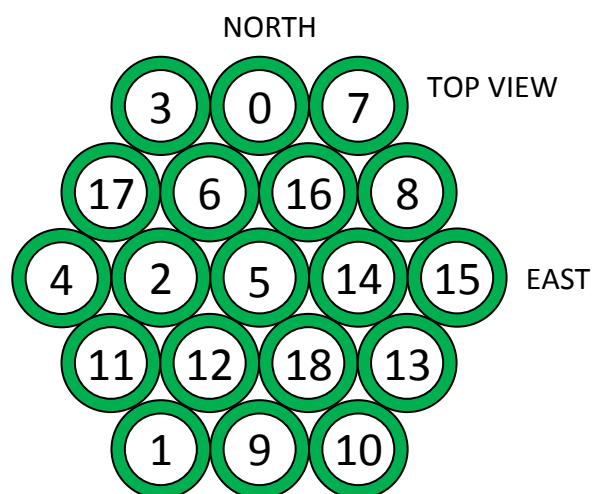


Fig. 13.1 **ATTENZIONE!!!!**
I n.ri dentro i feed indicano il s/n Feed System.

Tab. 13.1 Collegare in cascata i dispositivi secondo l'associazione indicata

14. Corrispondenza tra beam in cielo e feed del ricevitore

La numerazione dei feed che compongono il multifeed mostrata al capitolo 13 (fig. 13.1) deriva dalla originale numerazione progressiva che fu imposta alle 19 catene feed system, con numeri da 0 a 18.

Queste catene sono poi state montate nel dewar non a casaccio, come equivocamente potrebbe sembrare dal disegno, ma rispettando una ragionata associazione tra i feed system e gli amplificatori criogenici insieme ai convertitori di frequenza. Associazione tesa a ridurre quanto possibile tra le diciannove catene la fascia di variazione dei guadagni e delle temperatura di rumore.

L'esigenza osservativa impone a questo punto di far corrispondere ogni feed a terra con ogni punto, diciamo meglio beam, che esso osserva in cielo.

Dal punto di vista astronomico la numerazione dei punti osservati in cielo da un multifeed a 19 pixel porta alla seguente *mappa dei beam*. La convenzione per immaginare correttamente tale mappa indica di guardare tale mappatura da terra, ponendo Nord in alto e Ovest a destra. Volutamente i numeri identificativi e i contorni dei beam sono di colore diverso rispetto ai numeri e ai contorni dei feed mostrati nella fig. 13.1.

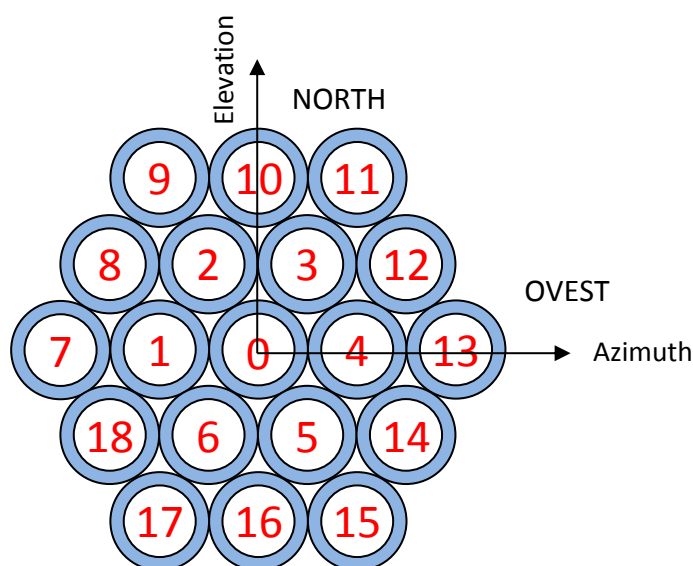


Fig. 14.1 Mappa dei beam in cielo. Guardata da terra ponendo nord in alto e ovest a destra

L'associazione tra la numerazione di fig. 13.1 e la numerazione di fig. 14.1 origina da considerazioni di puntamento: dei 19 feed solo il feed centrale (n.ro 5) è posizionato sul fuoco gregoriano, per cui sicuramente il beam da esso puntato è il n.ro 0. Per gli altri feed, tutti offset, valgono le seguenti regole:

1. un feed a est di 5 (fig. 13.1) punterà un beam in cielo a ovest di 0 (fig. 14.1), un feed a ovest punterà un beam a est
2. un feed a nord di 5 (fig. 13.1) punterà un beam in cielo a sud di 0 (fig. 14.1), un feed a sud punterà un beam a nord

In questo modo sull'asse di azimuth, il feed 15 vede il beam 13, il feed 14 vede il beam 4, feed 4-beam 7 e feed 2-beam1. Sull'asse di elevazione, feed0-beam16 e feed9-beam10.

Può essere d'aiuto immaginare il multifeed montato sul fuoco gregoriano e guardare da dietro la fig. 13.1 e in cielo la mappa dei beam di fig. 14.1.

Componendo i due movimenti descritti ai punti 1. e 2., si ottiene la corrispondenza beam/feed fuori dagli assi principali Elevation/Azimuth.

Ovvero: il feed8, che si trova a nordest, vede il beam14 che è a sudovest; feed16-beam5; feed6-beam6; feed17-beam18. E così via. La tabella 14.1 mostra quindi tutte le corrispondenze feed-beam.

n.ro beam	n.ro feed
beam0	feed5
beam1	feed2
beam2	feed12
beam3	feed18
beam4	feed14
beam5	feed16
beam6	feed6
beam7	feed4
beam8	feed11
beam9	feed1
beam10	feed9
beam11	feed10
beam12	feed13
beam13	feed15
beam14	feed8
beam15	feed7
beam16	feed0
beam17	feed3
beam18	feed17

Tab. 14.1 Corrispondenza beam in cielo con feed del ricevitore