

Verifica dell'illuminazione e della curvatura meccanica di una parabola

In questa relazione sono descritti due metodi pratici per la verifica delle caratteristiche sopra citate.

Benché si possano fare molte analisi sulle antenne paraboliche, in questa relazione descriverò solo le prove che riguardano la qualità dell'illuminazione e la precisione meccanica della curvatura degli specchi. Ho scelto volutamente di illustrare questi due argomenti perché di essi se ne parla poco, mentre delle restanti verifiche, come il guadagno, i lobi d'irradiazione, il rapporto H/V, il return loss, ecc, si trovano libri pieni.

L'illuminazione dello specchio di una parabola dipende essenzialmente dalla forma e tipologia del feed; a tale proposito esistono moltissimi testi e programmi che indicano e aiutano a costruire o a scegliere il modello giusto d'illuminatore in base alla forma dello specchio parabolico.

La teoria dice che una parabola ideale ben illuminata deve avere tutto lo specchio irradiato con una potenza uniforme fino al bordo, superato il quale, non deve esserci più alcuna illuminazione. Nella pratica questo è impossibile da realizzare e pertanto si accetta che verso l'80% del diametro della parabola l'intensità dell'illuminazione incominci a calare raggiungendo all'orlo 10 dB o 15 dB in meno rispetto alla potenza irradiata centralmente.

Per i collegamenti terrestri si consiglia una diminuzione a bordo specchio di 10 dB, mentre per i collegamenti terra-spazio si opta per i più conservativi 15 dB a scapito dell'efficienza e questo si fa nell'intento di minimizzare ulteriormente gli spill-over (o debordamenti) che potrebbero raccogliere il rumore termico terrestre.

Una volta scelto e montato il feed sulla parabola è opportuno verificare che esso illumini effettivamente bene poiché non sempre i calcoli teorici o le simulazioni a PC sono fedeli! Soprattutto in questo specifico campo si possono trovare difformità macroscopiche tra quello che si pensa e quello che realmente succede.

Per fare questa verifica io uso un sistema molto semplice: alimento il feed dell'antenna con un trasmettitore a portante continua e poi, con una sonda RF collegata a un bolometro, misuro come si distribuisce la potenza sulla superficie dello specchio.

La sorgente RF deve fornire un segnale continuo non modulato della potenza di circa 1 W. La frequenza del segnale deve essere scelta nella banda in uso mentre la potenza deve restare molto stabile durante tutta la durata delle prove. Usando un'antennina ricevente (o sonda) dal guadagno di 6 dBi, la potenza raccolta è sufficiente per essere valutata agevolmente da un bolometro dotato di testina classica da -30 dBm a +20 dBm.

La parabola va messa possibilmente orizzontale con lo specchio appoggiato a terra o su un tavolo e rivolta in alto in modo tale da trasmettere il segnale verso il cielo. Se questo non è possibile, la parabola va orientata in modo che il fascio radiato non intercetti ostacoli vicini. La posizione con lo specchio posto orizzontale a terra o su un tavolo è comunque la migliore poiché permette di lavorare comodamente.

Per analizzare la superficie si devono usare sonde RF molto piccole. Io inizialmente ho provato con una transizione cavo-guida d'onda ma i risultati non sono stati entusiasmanti poiché tale grosso oggetto metallico era invadente e falsava vistosamente le valutazioni.

Le mie prove hanno evidenziato che idealmente l'antenna sonda doveva essere:

- la più piccola possibile
- insensibile alle variazioni della polarizzazione
- poco direttiva (è utile avere un lobo di cattura molto ampio)
- non influenzabile dal piano metallico dello specchio parabolico sottostante

Inizialmente ho individuato tale antenna in una classica patch.

Un'antenna patch si presta bene come sonda di analisi poiché è leggera e facile da spostare, è schermata nella parte inferiore ed essendo oltremodo piccola e sottile non turba il funzionamento della parabola. Le foto seguenti mostrano un test che ho eseguito molti anni fa su una parabola in banda 2,4 GHz con in dettaglio la piccola antenna patch che avevo realizzato su PCB.



Per analizzare la distribuzione di energia sulla superficie dello specchio della parabola si deve strisciare la patch in ogni punto della superficie annotando i valori di potenza che investono ogni singola area mappata. Nello spostare la patch si deve porre la massima attenzione che essa resti sempre aderente alla superficie della parabola.

Per ogni punto analizzato, si deve sempre ruotare la patch cercando la massima potenza ricevuta in quanto la polarizzazione del segnale che arriva dall'illuminatore può anche leggermente cambiare.

Nella parte che segue, descrivo invece un recente controllo su una parabola offset a 5760 MHz.
La foto mostra l'antenna/sonda che ho inizialmente usato per l'analisi. Si tratta di una classica patch a due

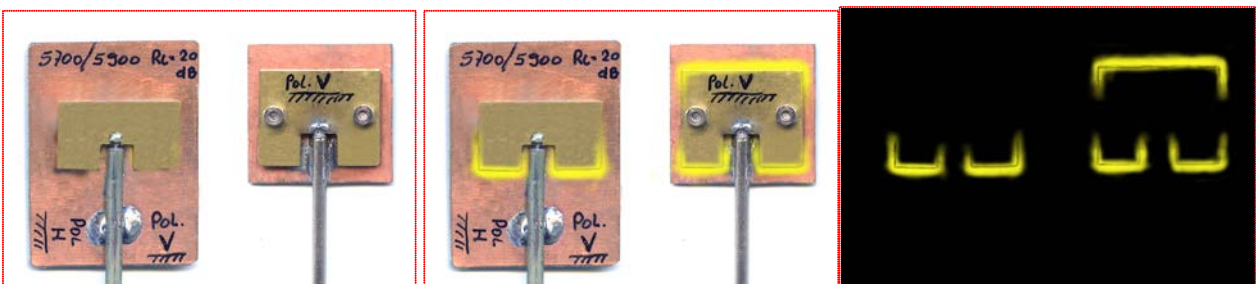


ali con gap in aria e scavata fino ad accedere ai 50 ohm di alimentazione.
Notando l'eccessiva direttività di questa struttura, ho tentato di ampliarne il lobo di cattura troncando una delle due ali riceventi e il beneficio operativo è stato subito evidente. La foto che segue illustra l'oggetto.

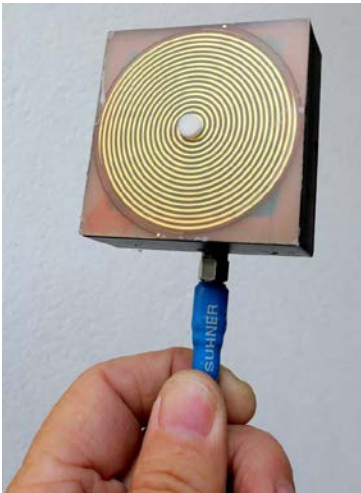


Avendo quest'antenna un solo bordo attivo è quasi insensibile alla direzione della provenienza del segnale, mentre il minor guadagno che si ottiene (-3 dB) non è penalizzante per lo scopo a cui è destinata.

Le figure che seguono rappresentano le due patch affiancate con evidenziata l'irradiazione RF ai bordi, ovviamente il colore giallo, che rappresenta l'intensità del campo elettrico irradiato, è stato simulato.

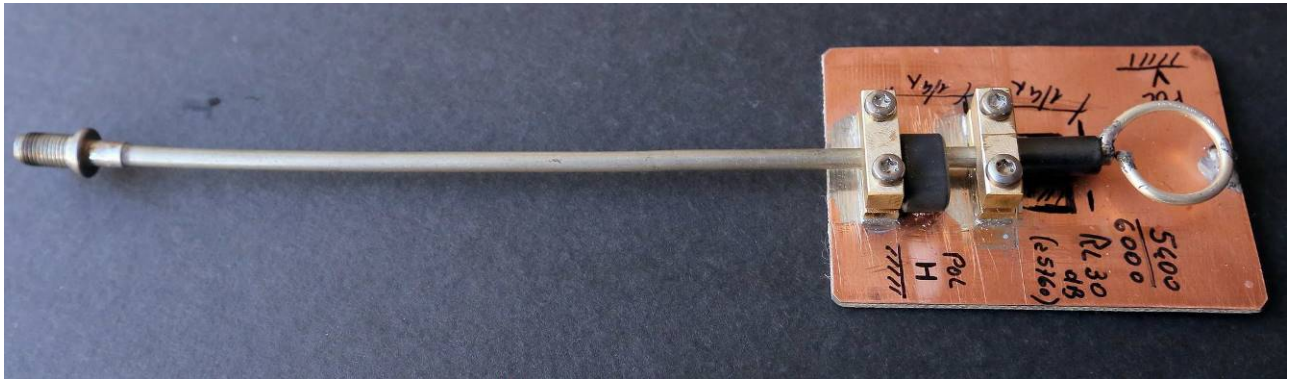


Purtroppo l'antenna così menomata non si presta più a essere ulteriormente modificata per avere una polarizzazione circolare, cosa che mi ero invece proposto di ottenere.



Nel perseguire tale fine, ho indagato sulla possibilità d'uso di un'antenna a spirale di Archimede reperita sul mercato dell'usato. Essa ha presentato un'eccellente insensibilità alla polarizzazione dei segnali ricevuti unitamente ad una grande ampiezza del lobo di ricezione. Sfortunatamente, lo spessore molto elevato, dovuto alla cavità retrostante (4 cm), non permette di avvicinare adeguatamente l'antenna alla superficie dello specchio parabolico. Ho notato che questo si ripercuote negativamente sulla cattura dei segnali a bordo parabola (si ricevono anche di 5-6 dB in meno rispetto a quanto misurato con la mezza patch precedente). Un vero peccato, la spirale poteva essere una soluzione ottimale anche nei riguardi della larghezza banda passante poiché essa riesce a lavorare indifferentemente da 1 a 6 GHz.

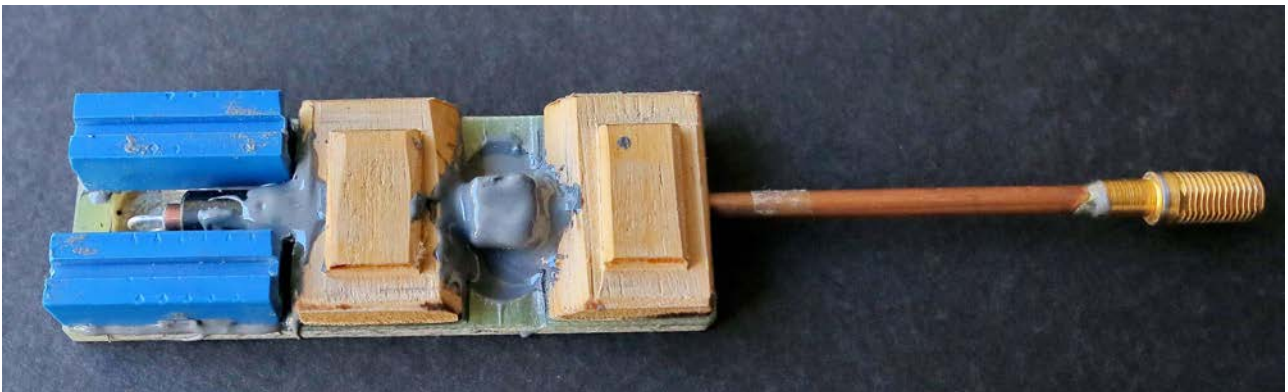
Continuando con la ricerca di un "probe" ideale, ho in seguito realizzato un'antenna a spira con circonferenza di "1 lambda" avente la parte fredda connessa centralmente a massa. Sulla linea di alimentazione ho posto un paio di manicotti in ferrite distanziati a quarti d'onda aventi la funzione di

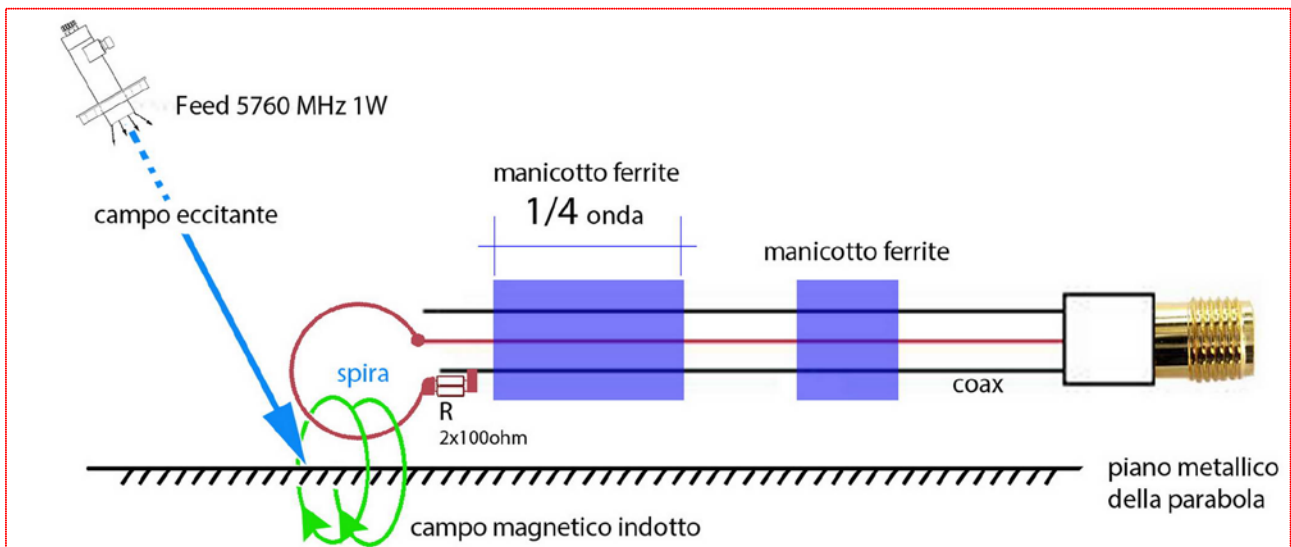


simmetrizzare l'alimentazione e isolare.

Quest'antenna, pur funzionando sufficientemente bene, si è rivelata assai critica nel rilevamento al bordo parabola e l'ho quindi accantonata. Forse ho fatto l'errore di montarla su un piano di massa troppo piccolo.

Su consiglio di IN3OTD ho infine costruito un'altra sonda sensibile al campo magnetico. L'idea base era di rilevare le linee di flusso magnetico che si creano nella parte metallica dello specchio parabolico quando esso è colpito dal segnale sparato dal feed. Le foto seguenti mostrano il mio brutto ma funzionale manufatto.





Non avendo esperienze riguardo a questa costruzione e non trovando in rete alcuna letteratura specifica sui “probe” magnetici funzionanti oltre il GHz, sono andato un po’ per intuizione e un po’ per affinamenti ripetuti.

La sonda finale che ho realizzato è essenzialmente costituita da una spira non risonante molto piccola e del diametro di circa 4 mm.

Essa è terminata su due resistenze in parallelo da 100 ohm. Il supporto è di materiale isolante trasparente alle onde radio (PCB non ramato) e serve sia da protezione per la spira, sia per imporre una costante distanza di circa 0,5 mm dalla superficie del piano metallico da ispezionare.

Per evitare circolazioni di RF all’esterno del cavo coassiale, ho inserito la linea coassiale uscente in due manicotti in ferrite di cui il primo è posto immediatamente dopo la spira. La spira è girata di taglio rispetto al piano di massa in modo da concatenare al meglio i flussi magnetici sottostanti.

L’idea costruttiva iniziale era anche quella di schermare la spira dai campi elettrici inserendola in una guaina metallica non cortocircuitante, tuttavia essendo il lavoro di costruzione in micro-coassiale troppo impegnativo, ho desistito.

In ogni modo il sensore che ho fatto sembra funzionare bene anche così. Esso presenta un’ottima cattura dei campi magnetici e una buona insensibilità ai campi elettrici.

Le prove che maggiormente mi hanno convinto di aver raggiunto lo scopo sono state le seguenti:

- Percorrendo con la sonda un dipolo alimentato con un segnale a 5760 MHz, la potenza raccolta è massima al centro del dipolo e nulla alle sue estremità.
- Allontanando la sonda dalla superficie metallica della parabola il segnale ricevuto si abbassa immediatamente.
- La spira raccoglie la massima potenza quando è messa di taglio rispetto alla superficie dello specchio e la massima cattura si ha quando la spira è posta ortogonalmente rispetto alla polarizzazione del campo elettrico incidente.

I punti a sfavore sono la bassa potenza raccolta, pari a -20 dBm con Tx a 1 W, e l’impossibilità di rilevare irradiazioni oltre il bordo parabola, cosa che invece è possibile con le patch.

Sono tuttavia piuttosto soddisfatto di questa sonda; essa funziona molto bene perfino sui bordi della parabola. I valori raccolti mappando lo specchio parabolico sono coincidenti entro un paio di dB con quelli rilevati con la mezza patch. Coincidenza che è stata confermata anche dai risultati conseguiti nella prova che segue dove ho usato e confrontato punto per punto i valori prodotti da entrambe le sonde.



La foto alla sinistra mostra la parabola offset a 5760 durante le prime prove. Si può vedere l'antenna a spirale fissata in cima all'asta isolante usata per sondare la superficie del disco. L'antenna a spirale è stata poi scartata in favore della mezza patch risultata più performante.



A lato il banco di misura con tutte le sonde provate.



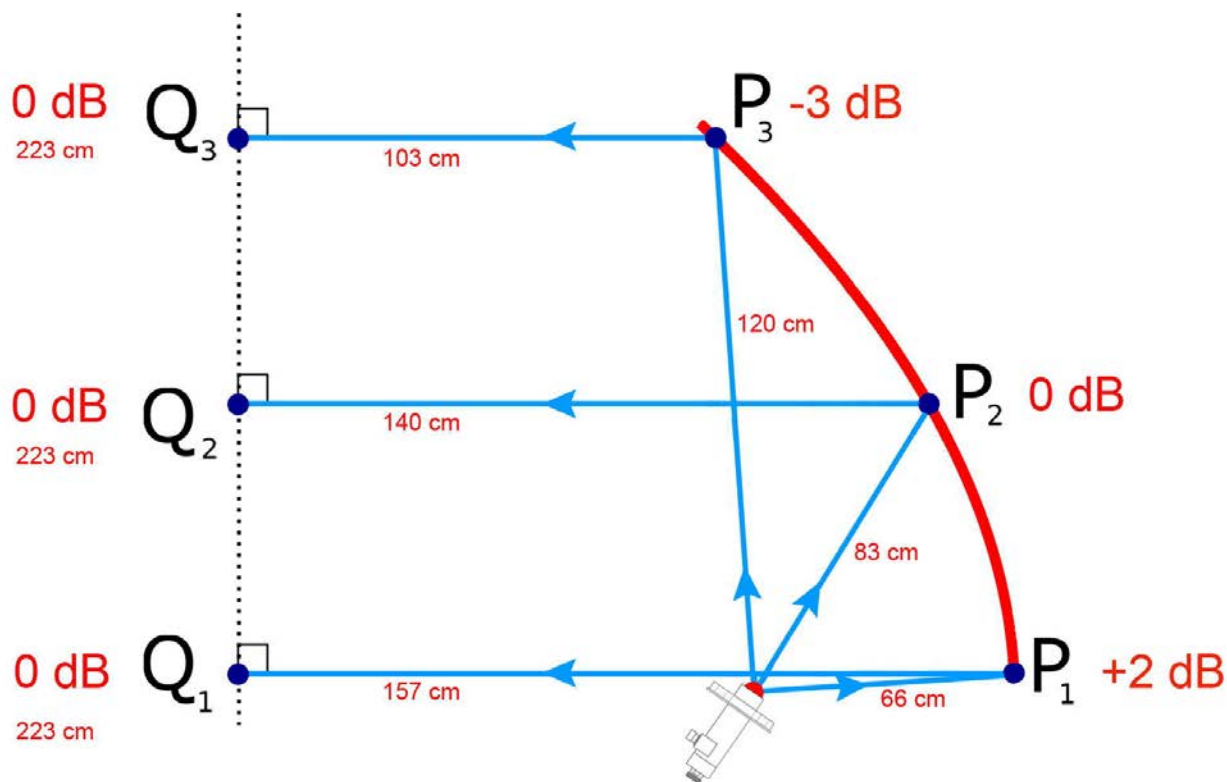
L'immagine a lato mostra la distribuzione del segnale sullo specchio della parabola.

Dai valori rilevati si evince che essa è sovra illuminata soprattutto nella parte bassa.

Essendo la parabola dedicata a servizio terrestre, nella parte alta il livello potrebbe ancora essere accettato, ma nella parte bassa, la potenza al bordo specchio è oltremodo eccessiva e debordante.

Nell'analisi bisogna ovviamente considerare che l'illuminatore vede il bordo superiore ad una distanza quasi doppia rispetto al bordo inferiore ed è quindi plausibile che in basso ci sia più potenza che in alto (il calo di potenza varia al quadrato della distanza).

In questa parabola tale differenza fisiologica si attesta sui 5 dB.



In questo disegno ho rappresentato le dimensioni meccaniche e il percorso dei raggi d'irradiazione della mia antenna ipotizzando essa in trasmissione.

Su un ipotetico target verticale rappresentato dalla linea punteggiata, i raggi arrivano tutti nel medesimo tempo poiché la somma totale dei tragitti si equivale qualunque sia il percorso fatto; questo miracolo accade solo se la curvatura parabolica dello specchio sia corretta ovvero non sia stata deformata da stress meccanici. Per questo motivo l'integrità di una parabola, nuova o di derivazione surplus, dovrebbe essere sempre verificata specie se essa è di derivazione surplus.

(Il controllo meccanico sarà oggetto di descrizione nella seconda parte della presente relazione.)

Osservando la grafica si evince che il punto P_3 è quasi il doppio più distante del punto P_1 dall'illuminatore. Ipotizzando che l'illuminatore abbia un'irradiazione uniforme e considerando che l'attenuazione varia al quadrato della distanza, il punto P_3 sarà pertanto investito da una potenza che sarà quasi quattro volte inferiore a quella che arriva in P_1 .

Preso atto che la parte bassa dello specchio è fisiologicamente più favorita di quella superiore, bisognerà trovare un sistema per equilibrare le cose. In pratica il feed dovrà essere conformato per irradiare meno in basso o alternativamente dovrà puntare non al centro specchio ma un poco più in alto.

Se si trattasse di una parabola normale circolare, l'addensamento della potenza nella parte centrale non sarebbe un problema perché i raggi con maggiore energia verrebbero confinati nell'interno dello specchio, ma nella parabola offset, dove l'area di fondo è aperta, tale evenienza rappresenta un'anomalia.

La parabola che ho qui testato è impiegata su un beacon trasmissivo e l'energia che deborda è in questo caso solo energia persa e non interferente. Se invece l'antenna fosse usata per la ricezione spaziale, il debordamento avrebbe peggiorato grandemente il S/N del sistema ricevente.



La figura a fianco illustra com'è possibile ovviare al problema dello spill-over (o debordamento) inferiore, montando una rete schermante nella parte bassa della parabola.

La foto è relativa all'antenna offset da 2,4 m del radioamatore RW3BP.

Ma tornando a guardare i valori rilevati, mi sono anche accorto che esiste un altro problema secondario non marginale:

al bordo degli attacchi delle braccia di supporto del feed esiste un anomalo e localizzato aumento di potenza; tale fenomeno genera sicuramente lobi secondari molto intensi non trascurabili e deve essere eliminato.

Per diminuire tale addensamento di RF io conto di rivestire i tre supporti del feed con della spugna caricata a carbone per dissipare in calore l'RF eccedente.

Questo lavoro di analisi ha mostrato che esistono delle irregolarità d'illuminazione della mia parabola alle quali dovrò porre rimedio. Tenterò di correggere il debordamento inferiore inclinando leggermente il feed verso l'alto e se questo non fosse possibile (per l'aumento contestuale della potenza al bordo superiore), dovrò sostituire l'illuminatore con un modello più direttivo.

Il metodo di controllo qui esposto funziona sia sulle antenne offset sia sulle parabole complete. Io mi sono per il momento fermato a 5760 MHz e più su in frequenza non sono andato. Prossimamente dovrò esaminare anche parabole funzionanti a 10 GHz e se interessa renderò noti i miei risultati.

Fine della prima parte.

Nei prossimi fogli sarà descritta la verifica della qualità di curvatura dello specchio riflettente di una parabola.

Questo spazio è stato lasciato intenzionalmente vuoto.

Verifica della curvatura meccanica di una parabola

Per meglio esporre il procedimento usato, mi aiuterò con le foto che ho scattato durante uno dei miei primi controlli eseguiti su una vecchia parabola SAT da 60 cm del tipo offset.

Il metodo è semplice ed elementare: si applicano degli specchietti sulla superficie della parabola, si punta poi l'antenna verso il sole in modo da far convergere tutti i raggi sull'illuminatore dove preventivamente va posto davanti un foglio di carta bianca. Se la macchia di luce che appare è compatta e poco sfrangiata, la parabola è integra e perfettamente funzionante.

Inizialmente avevo provato a incollare sul piatto delle sottili strisce di nastro d'alluminio lucido e adesivo, tuttavia la riflessione ottica prodotta da questo materiale era talmente bassa e diffusa che era impossibile trarre delle valutazioni utili.



Non riuscendo a reperire dei piccoli specchi, ne ho spezzato uno grande riducendolo in frammenti di qualche centimetro quadro, frammenti che purtroppo sono risultati disuguali e irregolari.

Durante la prova mi sono reso subito conto che sarebbe stato meglio usare dei frammenti di specchio più piccoli e con dimensioni tutte uguali. Testando le successive parabole, mi sono pertanto rivolto a un vetraio che mi ha fornito dei quadrelli di specchio da 1x1 cm (avere avuto dischetti tondi sarebbe stata una cosa ancora migliore).



Ho poi attaccato i pezzetti di specchio alla superficie della parabola con del nastro biadesivo disponendoli nel modo più simmetrico possibile e riempiendo uniformemente la superficie del disco.



Sul punto dove era originariamente posta la bocca dell'illuminatore ho sistemato un disco di cartone bianco incollandolo su un tubo plastico di sostegno che simulava l'illuminatore.

Nota:

Le prove vanno fatte quando il sole splende vivido, sgombro da nuvole e alto nel cielo. Non importa se nel cielo vi siano nuvole, importante è che esse non mascherino il disco solare.



Ho infine puntato la parabola verso il sole facendo in modo che i raggi riflessi dagli specchietti cadessero tutti nella parte centrale del disco di cartone.



Ho poi perfezionato la messa a fuoco spostando avanti e indietro il disco di cartone in modo da rendere la chiazza luminosa più piccola, più chiara e più vivida possibile.

In quella fase ero preoccupato che s'incendiasse il cartone, ma fortunatamente constatai che calore prodotto non era così elevato da portare alla combustione.



Se la parabola avesse avuto una curvatura perfetta, la macchia luminosa sarebbe stata nitida, compatta e di dimensioni contenute. Tuttavia nel mio caso, la chiazza di luce appariva invece disomogenea con vistosi sfrangiamenti laterali.

Spero che la foto che riporto a lato sia abbastanza esplicativa.

Ho subito dedotto che lo specchio parabolico sotto esame doveva essere meccanicamente alterato; esso era probabilmente afflitto dalle deformazioni permanenti localizzate dovute alle violenze subite negli anni.



Nota: Bisogna considerare che le parabole SAT economiche, ammesso anche che siano state progettate e stampate bene, sono comunemente gracili; occorre pertanto fare molta attenzione quando si trasportano, specie nell'automobile. Quando si orientano le parabole, bisogna muoverle solo ruotando il palo di supporto senza mai forzare prendendole sui fianchi.



La localizzazione della zona danneggiata è stata poi molto semplice e rapida.

Ho coperto con una paletta schermante ogni singolo frammento di specchio fino a individuare quelli che proiettavano la luce fuori asse.



Con il pennarello ho poi evidenziato e circoscritto l'area che comprendeva ben tre specchietti aventi riflessione fuori mira.

In tutta questa zona era evidentemente presente un'anomalia meccanica tale da distorcere l'esatta curvatura.

A occhio era difficile vedere la deformazione poiché sono sufficienti pochi millimetri per degradare la forma parabolica.



Questo test permette anche di verificare se il braccio di supporto mantiene l'illuminatore nella posizione corretta. Per fare questo controllo la parabola va puntata verso il sole in modo tale che la chiazza di luce prodotta dagli specchietti sia proiettata al centro del disco di cartone.

Si osservi quindi dove cade l'ombra del sole prodotta dall'ostruzione dell'illuminatore.

Il disco scuro dell'ombra deve lambire centralmente la parte inferiore della parabola ma non deve assolutamente invaderne la superficie.

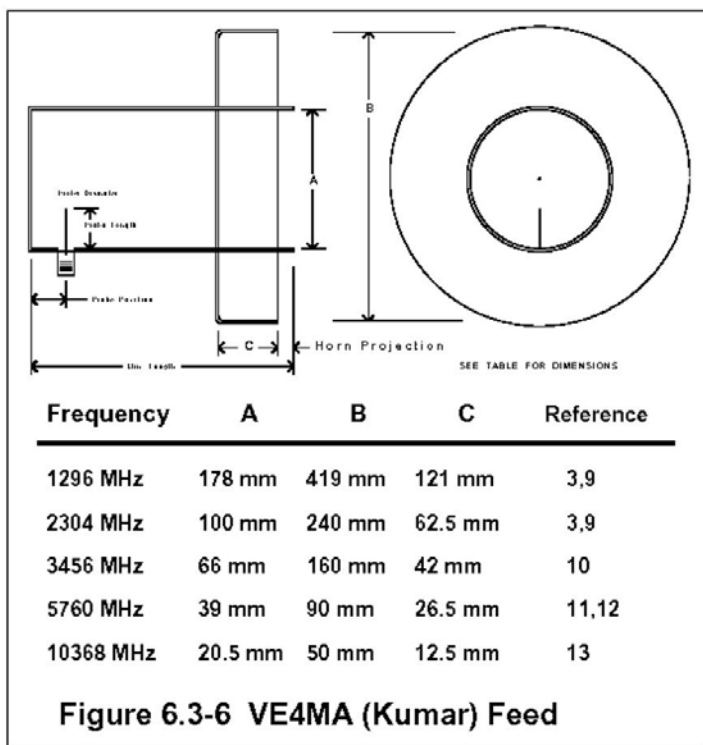
Si può accettare che l'ombra cada qualche centimetro fuori del bordo ma mai dentro la parabola.

Per risolvere l'eventuale problema basta piegare leggermente il braccio di supporto dell'illuminatore.

Sorge ora spontanea una domanda:

Quale diametro massimo può assumere la chiazza di luce prodotta dagli specchietti?

Secondo me è ragionevole pensare che la rosa dei punti non dovrebbe avere un'area di dispersione superiore al diametro della bocca dell'illuminatore in uso.



La figura a fianco mostra un classico feed, dove la dimensione "A" rappresenta il diametro della bocca dell'illuminatore.

Per ogni banda radiometrica la tabella indica la dimensione ottimale del tubo d'ingresso. Per la banda dei 10 GHz il diametro appropriato risulta di 20,5 mm mentre per i 1296 tale misura è di 178 mm.

Se ad esempio si vede che la rosa dei punti della luce atterranti sul target ha un diametro di 60 mm, potremmo pensare di adoperare con profitto tale parabola fino alla massima frequenza di 2,5 GHz.



Si potrebbe pensare di catturare i raggi divergenti e sparpagliati su vaste superfici usando illuminatori a tromba aventi una bocca d'ingresso molto ampia, tuttavia i punti di luce sparpagliati, avendo fasi non uguali, contribuirebbero ben poco all'aumento del segnale e al limite, se dovessero avere fasi opposte, potrebbero anche diminuirlo.



Recentemente ho avuto la necessità di testare la curvatura di un'altra parabola che apparentemente sembrava di gran pregio e ben conservata.

Per fare questa verifica questa volta ho usato degli specchietti 1x1 cm incollati con una colla stick per carta.

Usando la colla al posto del nastro biadesivo il lavoro è stato più rapido e la successiva pulizia della parabola è risultata più facile.



La foto a fianco mostra la parabola con incollati ben 50 specchietti convergenti su un target in cartone bianco del diametro di 11 cm.

Il disco target (o bersaglio) è supportato provvisoriamente da quattro fili di ferro ancorati a un tubo plastico.



Ho puntato la parabola verso il sole facendo attenzione che l'ombra del disco target cadesse al centro della parabola. Ho poi fatto scorrere avanti indietro il disco target cercando la posizione di fuoco dove i raggi riflessi dagli specchietti convergevano su di esso il più possibile compatti.



Spostando avanti e indietro il target ho notato che non esisteva una sola posizione di fuoco ma invece ve ne erano diverse e vicine. Purtroppo non tutti i punti sembravano convergere su una posizione focale univoca. Ho pertanto scelto una posizione focale di compromesso dove si aveva uno sparpagliamento minimo.



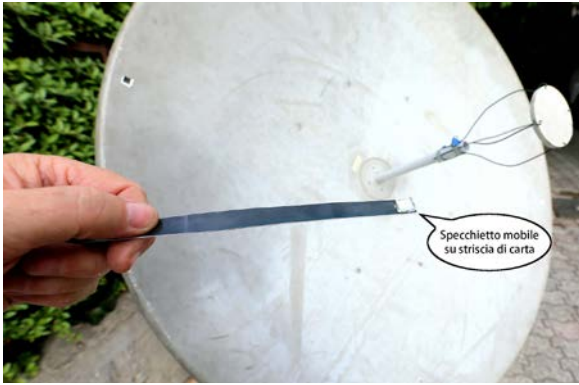
L'immagine a fianco mostra quanto di meglio ero riuscito ad ottenere.

I punti luminosi appaiono alquanto sparsi su un diametro di circa 12 cm, segno evidente che la parabola aveva uno specchio decisamente imperfetto.



Proseguendo nelle mie prove ho provato a testare la medesima parabola con un numero minore di specchietti. Nella prova precedente ne avevo utilizzati moltissimi ma ho poi visto che anche con soli cinque specchi da 1x1 cm si poteva fare un rapido controllo.

Ho incollato quattro specchietti ai lati opposti della parabola, mentre ho fissato il quinto in testa a una lunga e flessibile striscia di cartone nero da muovere a mano.



I raggi del sole riflessi dai quattro specchietti servono per trovare la migliore posizione di fuoco per il target, mentre lo specchio mobile serve per scandagliare minuziosamente ogni parte della superficie della parabola.

Nel fare quest'analisi bisognerà porre la massima attenzione che lo specchio mobile rimanga aderente perfettamente in appoggio con la superficie della parabola.



La foto a lato mostra la fase d'individuazione del fuoco; Come già detto, non sono riuscito ad avere un punto di convergenza univoca dei quattro punti luminosi, quella mostrata è la posizione del target dove i punti risultavano i più ravvicinati possibile.

Fissato quindi il punto di fuoco, sono passato a scandagliare la superficie della parabola strisciando su di essa in tutte le posizioni lo specchio mobile guardando nel contempo sul target dove finiva il raggio riflesso.

A conferma della precedente prova fatta con i 50 specchietti, ho trovato anche con questo sistema una rosa di sparpagliamento di circa 12 cm di diametro.

Dalle prove ho dedotto quindi che la parabola sotto test poteva essere usata solo in banda 1300 MHz ma non oltre poiché la rosa di sparpagliamento sarebbe stata superiore al diametro dei feed per frequenze più elevate.

Ma quanto si potrebbe perdere in guadagno usando quest'antenna a frequenze superiori ai 1300 MHz?

La risposta è difficile da dare poiché i parametri in gioco sono molti.

Tuttavia volendo utilizzare questo disco a 10 GHz e ipotizzando uno sparpagliamento dei punti in maniera uniforme e facendo un mero rapporto fra le superfici di cattura dei feed e quella dello sparpagliamento, si può arrivare a una sommaria stima di circa 10dB di perdita rispetto al guadagno teorico.

E per finire un'ultima nota importante: Questo sistema di controllo funziona bene su parabole con specchi riflettenti di colore scuro. Se il fondo è di metallo riflettente o è dipinto di bianco, è impossibile vedere i raggi riflessi dagli specchietti poiché prevale una riflessione diffusa generale che sfortunatamente è troppo disomogenea, per essere essa stessa utile a qualsiasi valutazione.

Giovanni Holzer
IN3HOG
g.holzer@tin.it
335_8340300