

Ma vale la pena
d'impiegarli?

Gli amplificatori d'antenna



Gli amplificatori d'antenna sono frequentemente impiegati per cercar di migliorare la sensibilità dei ricevitori esistenti.

Con l'impiego di questi dispositivi, però, si scopre sempre che con l'aumento di sensibilità si ha anche un aumento del rumore.

Se l'amplificatore serve solo per compensare le perdite che si verificano nei vari cavi di distribuzione che provengono dall'antenna, i problemi divengono meno severi.

Contrariamente all'opinione di tutti coloro che sostengono che gli amplificatori d'antenna non servono a nulla, altri insistono sull'utilità degli amplificatori per il miglioramento delle prestazioni.



Questo articolo discute i problemi che s'incontrano nella ricezione sulle bande VHF/FM ed UHF/TV. Se le apparecchiature che s'impiegano, funzionano bene, sulle frequenze dette, non c'è scopo ad incrementare il segnale che giunge dall'antenna. Se un sistema è costituito da un buon ricevitore, da un'antenna efficace e da un cavo di raccordo corto ed a bassa perdita, anche il miglior booster non migliora le prestazioni.

Non sempre, tuttavia, si possono avere simili condizioni ottimali. In molti casi, il cavo che discende dall'antenna peggiora i risultati con una misura che dipende dalla qualità del cavo e dalla sua lunghezza. Un cavo coassiale di buona qualità, che abbia una lunghezza di, poniamo, 20 metri, può attenuare il segnale di oltre 6 dB. Ciò significa che circa il 25% del segnale captato dall'antenna giunge al ricevitore con una conseguente diminuzione, peggiorando la ricezione, specialmente nelle aree marginali.

L'esempio appena riportato spiega perché s'impieghino gli amplificatori d'antenna; servono per compensare le perdite di segnale tra antenna e ricevitore provocati dallo smorzamento nel cavo e dai disadattamenti.

I booster sono anche impiegati spesso, e talvolta irragionevolmente, per compensare una eventuale bassa sensibilità dei ricevitori.

In questo caso funzionano come stadi non accordati posti all'ingresso del ricevitore. Questo tipo di applicazione presenta diversi rischi: il più noto è l'aumento della modulazione incrociata quando l'ampiezza dei segnali cresce.

Utilizzazioni e vantaggi

La più logica applicazione per gli amplificatori d'antenna è compensare la perdita che si verifica sulla connessione tra l'antenna ed il ricevitore. Per raggiungere i migliori risultati, tuttavia, vi sono delle necessità da soddisfare. In certi casi, gli amplificatori devono essere posizionati sul palo. Se i sistemi hanno questa collocazione, devono essere alimentati da circuiti entro contenuti o, tramite lo stesso cavo di discesa, da alimentatori posti al termine basso di tali raccordi.

Ovviamente, i migliori risultati sono ottenuti accordando gli amplificatori da palo. In pratica, tuttavia, questo metodo è tra-

scurato a causa delle complicazioni che comporta e della necessità di un controllo della sintonia suppletivo. Subito dopo, il miglior amplificatore è quello passabanda, che funziona su di un numero limitato di canali. Impiegandolo, i segnali che non ricadono nel tratto previsto di frequenze sono espinti, ed in tal modo si elimina il rischio d'incorrere nell'intermodulazione e si impedisce che una potente emissione fuori gamma possa fungere da "squelch" impedendo la ricezione della trasmissione desiderata.

Questi argomenti dicono già perchè gli amplificatori dalla banda larghissima non rappresentino la scelta migliore per le antenne dalla banda singola, come ad esempio i modelli VHF/FM.

Gli amplificatori a larga banda possono essere impiegati con vantaggio nei sistemi multibanda che utilizzano un certo numero di antenne, ciascuna seguita da un proprio filtro passabanda attivo che "divida" i segnali a seconda della frequenza.

In questi casi, l'amplificatore a banda larga può essere inserito nel cavo comune di discesa per compensare le perdite di distribuzione (vedi la figura 1).

Il guadagno nei confronti del rumore

Non basta che un booster dia un determinato guadagno; il rumore che genera, deve essere molto più ridotto di quello che scaturisce nel ricevitore. Per confrontare l'ampiezza del rumore generato dall'amplificatore e dal ricevitore, s'impiega il simbolo F. Si tratta della relazione tra la potenza del segnale e quella del rumore all'ingresso, e del rapporto S/N all'uscita dell'amplificatore in questione.

La relazione espressa per via algebrica è la seguente:

$$F = \frac{\frac{P_{si}}{P_{ni}}}{\frac{P_{so}}{P_{no}}}$$

Psi = livello di potenza del segnale all'ingresso.

Pni = livello di potenza del rumore all'ingresso.

Pso = livello di potenza del segnale all'uscita.

Nel caso dell'amplificatore ideale "senza rumore", il numero relativo ad F è unitario. In tutti gli altri casi è più grande. È espresso con un numero o in unità kTo, e le cifre in entrambe le espressioni saranno le stesse: per esempio F = 4 = 4 kTo. È spesso conveniente esprimere la relazione in modo logaritmico, impiegando i decibels, visto che è comune pratica esprimere i rapporti di potenza in dB, quindi:

$$F \text{ (dB)} = 10 \log F \text{ (kTo)}$$

La cifra di F, per un buon ricevitore, è spesso rappresentata da un fattore di 5 (7 dB), e per dei tuner dalla elevata qualità, può variare tra 3 e 4 kTo (da 4,8 a 6 dB). Perchè l'impiego sia giustificato, la cifra F degli amplificatori d'antenna deve essere

1

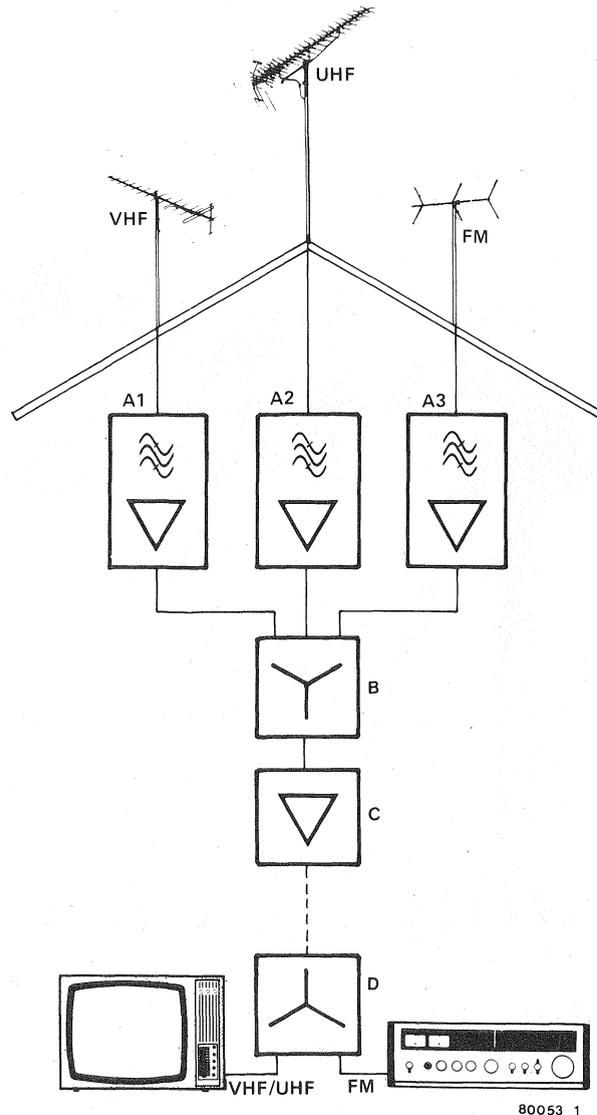


Figura 1. Amplificazione del segnale che proviene dall'antenna e relativi sistemi di suddivisione. Ogni antenna ha il proprio amplificatore e filtro, o filtro attivo (A1 ... A3) che lavora sulla banda scelta. L'accoppiatore B assomma i segnali provenienti dai tre sistemi d'antenna e li applica all'amplificatore C. Quest'ultimo, è del tipo a banda larga e compensa le perdite che si hanno nei cavi e nei dispositivi di somma e divisione; il divisore è indicato come D. Le altre perdite, come quelle introdotte dai disadattamenti e dai connettori sono a loro volta compensate. A seconda delle condizioni di ricezione, del guadagno offerto dalle antenne e dall'efficienza del cavo, qualche amplificatore, o anche tutti gli amplificatori, possono essere superflui. Diversi amplificatori sul mercato, hanno dispositivi di somma e divisione incorporati.

vantaggiosa. Per gli amplificatori posti in cascata (vedi la figura 2) si ha la seguente espressione:

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}$$

nella quale G indica il guadagno in potenza.

La formula mostra che la cifra F del primo amplificatore rappresenta il maggior contributo nell'involuppo generale del rumore; l'effetto del secondo amplificatore, è solo la sua cifra F2 divisa per il guadagno del primo stadio.

Siccome l'elevato guadagno nel primo stadio amplificatore praticamente annulla l'influenza del rumore nel secondo e terzo

stadio, la sensibilità ed il rumore dell'intero apparato ricevente dipende in larga misura dalla qualità del primo stadio. Ciò significa che le prestazioni di un ricevitore dalla sensibilità insufficiente, con delle considerevoli caratteristiche di rumore, possono essere molto migliorate da un buon amplificatore d'antenna.

Al contrario, non ci si possono attendere dei miglioramenti se la cifra F dell'amplificatore è la stessa o peggiore di quella dell'apparato ricevente, o se il guadagno offerto non è abbastanza ampio da superare l'effetto del rumore nel ricevitore.

Queste considerazioni, possono essere meglio comprese con gli esempi che seguono. Assumiamo che un dato ricevitore abbia una cifra di 5, e che sia preceduto da un amplificatore con una cifra F di 3. La cifra F complessiva, in tal modo, dipenderà in larga misura dal guadagno dell'amplificatore. Se l'amplificatore ha un guadagno di 2 (3 dB) il rumore generale sarà F = 5,

quindi non si sarà ricavato vantaggio alcuno.

Se il guadagno invece giunge a 10 (10 dB), il miglioramento giunge a $F_{tot} = 3,4$. Un amplificatore dal guadagno di 100 (20 dB) ridurrà il rumore generale a 3,04; un valore che praticamente eguaglia quello del solo amplificatore.

Guadagno, perdite - rumore e sensibilità

Un miglioramento nelle caratteristiche di rumore migliora la sensibilità del ricevitore. Resta comunque la domanda: vale davvero la pena di usare l'amplificatore sopportando le necessarie spese ed il fastidio dell'installazione?

Il modo usuale per definire la sensibilità è determinare il valore in tensione del segnale all'ingresso per una certa uscita rivelata (o nel caso dello stereo, decodificata) ad un rapporto segnale-rumore espresso. Il segnale ai terminali d'ingresso d'antenna di un ricevitore, deve dipendere non solo dalla figura di rumore dell'apparecchio, ma anche dal sistema di demodulazione, dalla profondità della modulazione, dalla larghezza di banda audio e dall'impedenza d'ingresso del ricevitore.

Se tutti questi fattori rimangono gli stessi, si potranno avere dei miglioramenti nella sensibilità e nel rumore.

I miglioramenti possono essere calcolati in base alla formula seguente:

$$G = \frac{Fr}{F_{tot}} \quad \text{oppure}$$

$$g = \sqrt{\frac{Fr}{F_{tot}}}, \quad \text{ove:}$$

- Fr = cifra del rumore nel ricevitore (kTo)
- F_{tot} = cifra del rumore generale (kTo)
- G = miglioramento nei rapporti di potenza
- g = miglioramento nei rapporti di tensione.

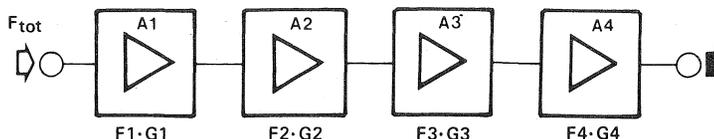
La trasformazione di queste equazioni ci dà: miglioramento in dB = 10 log G o 20 log g.

Avendo considerato tuttocì, quale può essere il miglioramento nel segnale audio definitivo? Le equazioni mostrano un miglioramento nel rapporto S/N nei confronti dell'ingresso del demodulatore. Tuttavia, il segnale d'uscita audio che proviene dal demodulatore ha il proprio rapporto tra segnale e rumore.

Per i segnali modulati in ampiezza, il valore S/N corrisponde da vicino al rapporto S/N in alta frequenza. Per i segnali modulati in frequenza, tutt'altro, specialmente se il segnale all'ingresso è al limite alto o a quello basso.

I "data sheet" per tecnici dei ricevitori stereo includono sovente un grafico che indica il rapporto S/N come funzione del livello d'ingresso sia per il lavoro in monofonia che in stereo. La figura 3 mostra un grafico del genere, nel quale si può vedere che il rapporto S/N ai bassi livelli d'ingresso (inattivamente attorno ad 1 µV) cala improvvisamente con un aumento nel livello d'ingresso. Inizialmente, in una certa proporzione, ed in seguito, dopo un certo livello,

2



$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_2-1}{G_1} + \frac{F_3-1}{G_1 \cdot G_2} + \frac{F_4-1}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}$$

80053 2

Figura 2. La cifra di rumore F di un amplificatore, è il fattore determinante per valutare il rumore generato dal dispositivo e la sua sensibilità. Con un certo numero di amplificatori in cascata, il rumore ed il guadagno del primo stadio determinano il rumore e le prestazioni dell'intero complesso.

rimane costante. Nell'esempio mostrato, il limite superiore appar situato sui 200 µV per il segnale monofonico e sui 300 oppure 400 µV per lo stereo. Come si possono traslare questi dati in relazione alle prestazioni di un ricevitore pratico?

Quando la ricezione di un segnale FM è debole, ogni piccolo incremento nel livello del segnale che giunge dall'antenna o dall'amplificatore d'antenna, ha come risultato un apprezzabile miglioramento nel rapporto segnale-rumore.

Questo miglioramento non è altrettanto spettacolare con dei livelli già elevati per il segnale FM.

Ciò significa che il rapporto segnale-rumore aumentato nelle apparecchiature di classe, può difficilmente essere ancora aumentato da parte di un amplificatore addizionale; al contrario, nelle apparecchiature mediocri, il miglioramento del rapporto S/N è più tangibile. Per altro, le apparecchiature ultime dette possono avere disturbi di altro genere, relativi alla selettività, ad esempio, o alla fedeltà di riproduzione.

In queste circostanze, invece di investire in un amplificatore, il miglior proponimento sembra essere l'acquisto di un apparecchio migliore.

Se un ricevitore o un tuner esistente funziona bene, in special modo nei confronti del rapporto S/N, ma il guadagno nel settore di media frequenza non è il migliore, si può rimediare con l'aggiunta di un ottimo amplificatore. A scapito del rapporto generale segnale-rumore, in tal modo si può avere un segnale all'ingresso più alto, tanto più alto, da poter ben pilotare il demodulatore. Anche se in certi casi è possibile aumentare l'amplificazione nel canale di media frequenza modificando il circuito, una procedura del genere è sempre molto laboriosa e difficile da attuare, quindi l'aggiunta di un amplificatore risulta essere la soluzione più conveniente e pratica.

La compensazione delle perdite nei cavi

Le perdite nei cavi coassiali sono determinate dalla qualità di tali conduttori, e differiscono, e di molto, tra le varie marche e modelli.

Come regola generale, più ampio è il dia-

metro del cavo, migliori sono le caratteristiche relative. Come si vede nella figura 4, l'attenuazione che si verifica in un cavo coassiale aumenta con la frequenza. Per i modelli di cavo normalmente disponibili in commercio, l'attenuazione a 200 MHz può avere un valore qualunque compreso tra 4,5 e 45 dB per una lunghezza di 100 metri; un valore di 25 dB per 100 metri è abbastanza tipica per i cavi dalle applicazioni generiche che si vendono svolgendoli dalle ruzzole a manovella.

I cavi dalla qualità speciale definiti "a bassa perdita" possono manifestare attenuazioni di circa 12 o 15 dB sempre per 100 m. A queste perdite che si verificano nei cavi coassiali, si deve aggiungere una certa attenuazione dovuta agli inevitabili (modesti) disadattamenti.

Logicamente, la somma di tutte queste perdite influenzano negativamente il funzionamento di un intero sistema di ricezione, sia per quel che concerne la sensibilità che il rapporto segnale-rumore, e non si possono compensare i diversi fenomeni negativi semplicemente aumentando il guadagno del ricevitore. Gli effetti negativi possono essere ridotti impiegando uno dei tanti amplificatori noti come "scatole nere", o magari più di un amplificatore con la connessione in cascata. Vi è un'altra "scatola nera", nel calcolo che è rappresentata dal cavo e che ha una figura di rumore che vale all'incirca l'unità, ed una figura di "guadagno" indicata come "D" che è evidentemente negativa e sta per l'attenuazione.

Da queste considerazioni, discende che l'equazione per il calcolo del cavo per il ricevitore può essere presentata come segue:

$$F_{tot} = 1 + \frac{Fr - 1}{D}$$

Il rumore generale dato dagli amplificatori su palo, dai cavi e dal ricevitore è dato dall'equazione:

$$F_{tot} = Fa + \frac{Fr - 1}{Ga \cdot D}$$

ove, Fa è la figura di rumore dell'amplificatore, e Ga è il guadagno. L'equazione dimostra che nell'amplificatore da palo il rumore generale è determinato dal rumore

3

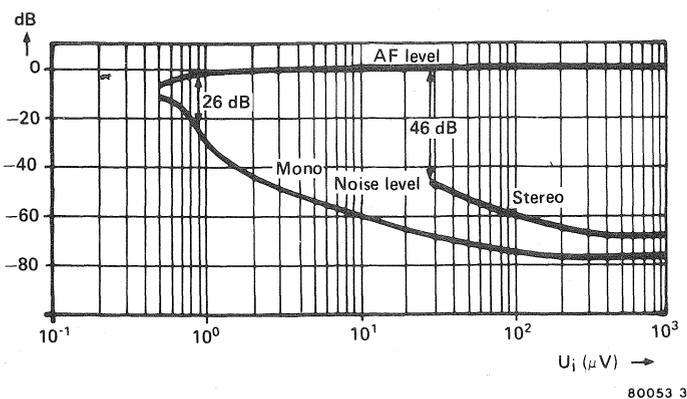


Figura 3. Il grafico mostra il livello di rumore nel funzionamento monofonico e stereo, ed al tempo stesso il livello d'uscita del segnale audio come funzione del segnale RF all'ingresso; il tutto riferito ad un ricevitore stereo dalla qualità molto elevata, che ha una cifra di rumore di 3,5 kTo. Il grafico mostra chiaramente che il rapporto segnale-rumore non ha una relazione lineare con il segnale all'ingresso.

e dal guadagno in potenza dell'amplificatore, escludendo l'influenza dei cavi. Le prestazioni generali differiscono, prima di tutto perché il guadagno effettivo dell'amplificatore è influenzato dall'attenuazione del cavo; il relativo ammontare è $G_a \cdot D$. Se il rumore generato dall'amplificatore è più piccolo di quello del ricevitore, ed il guadagno generale è sufficiente, le perdite che avvengono lungo il cavo possono essere completamente compensate e la cifra di rumore generale risulta più piccola di quella del solo ricevitore.

Se l'amplificatore è sistemato al termine basso del cavo d'antenna, gli effetti benefici sono diminuiti notevolmente. In tal caso l'equazione relativa al rumore diviene:

$$F_{tot} = 1 + \frac{F_a - 1}{D} + \frac{F_r - 1}{G_a \cdot D}$$

il che dimostra come il trattato di cavo interposto possa introdurre le perdite considerate, al pieno.

Esempi numerici

Nella figura 5 si osserva la comparazione per diverse configurazioni che di base impiegano i medesimi componenti, a dire:

- Un ricevitore stereo FM con una cifra di rumore di 3,5 ed una sensibilità come quella che è mostrata nella figura 3, misurata con uno sweep di ± 40 kHz ed una banda passante che spazia da 180 Hz a 16 kHz.
- Un amplificatore d'antenna con una cifra di rumore di 1,5 ed un guadagno di potenza di 20 dB (100 volte).
- Un cavo con una attenuazione di 6 dB (fattore 0,25).

Sono mostrate le seguenti configurazioni:

- 1: ricevitore senza cavo e senza amplificatore.
- 2: ricevitore senza cavo, con amplificatore.
- 3: ricevitore con amplificatore da palo e cavo.
- 4: ricevitore con cavo e amplificatore situati in basso (termine basso del cavo).
- 5: ricevitore con cavo ma senza amplificatore.

4

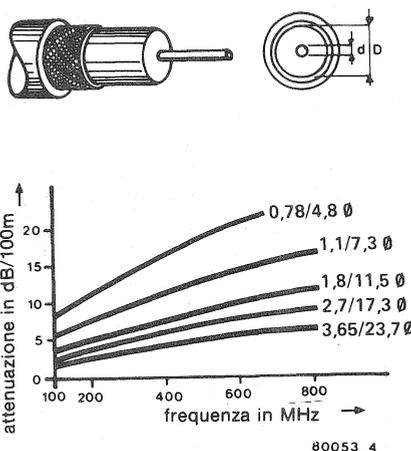
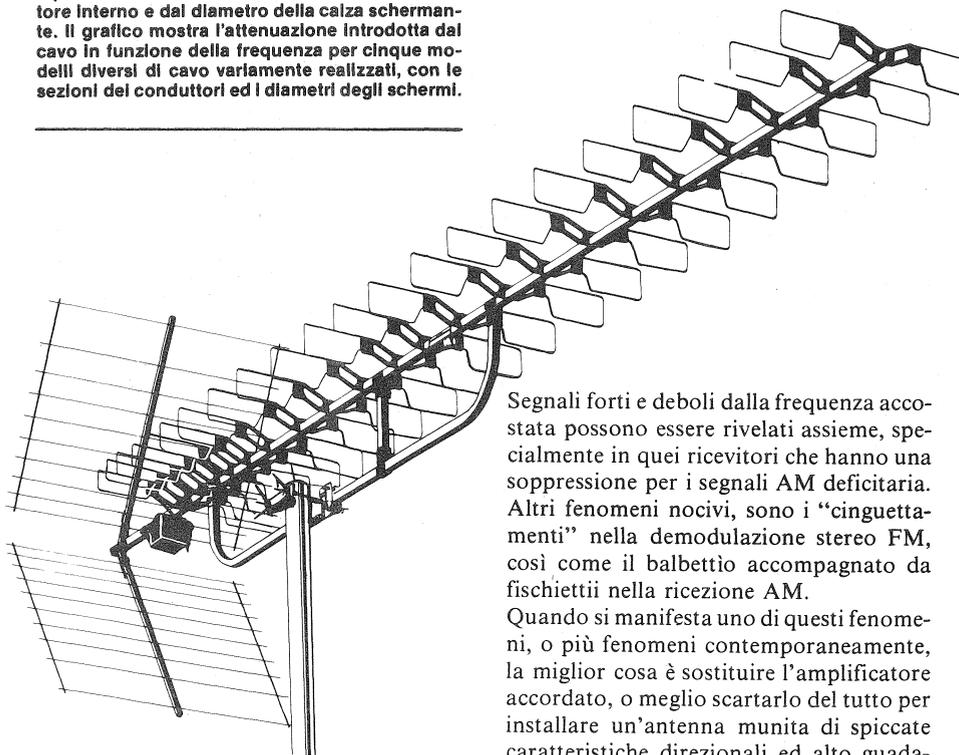


Figura 4. L'attenuazione introdotta dai cavi coassiali aumenta con la frequenza. La qualità dei cavi dipende in buona misura dal diametro del conduttore interno e dal diametro della calza schermante. Il grafico mostra l'attenuazione introdotta dal cavo in funzione della frequenza per cinque modelli diversi di cavo variamente realizzati, con le sezioni dei conduttori ed i diametri degli schermi.



La Tabella 1 elenca le diverse figure di rumore generale, il guadagno in dB, i segnali che devono giungere dall'antenna per ottenere un rapporto S/N di 60 dB per lo stereo, ed il rapporto S/N per un segnale ricavato dall'antenna di 100 μ V in ogni configurazione.

La conclusione è che in assenza di cavo di raccordo all'antenna, l'amplificatore consente di ricavare un miglioramento di 5 dB nel rapporto S/N; con 6 dB di attenuazione lungo il cavo, il miglioramento può essere dell'ordine di 10 dB. Anche se i dati trascritti non hanno altro che raramente un riscontro diretto nelle applicazioni pratiche, a causa delle inevitabili disparità negli accoppiamenti ecc., la disposizione che si vede nella figura 3 mostra una chiara superiorità rispetto a quella della figura 4, ed è molto più vicina alla disposizione ideale mostrata nella figura 2.

Problemi di sovraccarico

Il sovraccarico all'ingresso dell'amplificatore o del ricevitore, è un possibile risultato negativo dell'amplificazione dei segnali che giungono dall'antenna. Molti moderni tipi di amplificatore sono ragionevolmente esenti da questo effetto, sicché è solo il ricevitore a soffrire del fenomeno. Se è presente un sovraccarico severo, si può avere una sorte di squelch completo, specie se l'amplificatore è del tipo non accordato e non munito del controllo automatico del guadagno.

Le condizioni di sovraccarico si manifestano con una forte produzione di armoniche, di demodulazione parassita e di intermodulazione. Questi segnali spuri hanno come risultato una sintonia su diversi punti per la medesima trasmissione, la cancellazione delle stazioni più deboli; in più una gran massa di frequenze-immagini e di simili di battimento.

Segnali forti e deboli dalla frequenza accostata possono essere rivelati assieme, specialmente in quei ricevitori che hanno una soppressione per i segnali AM deficitaria. Altri fenomeni nocivi, sono i "cinguettamenti" nella demodulazione stereo FM, così come il balbettio accompagnato da fischietti nella ricezione AM.

Quando si manifesta uno di questi fenomeni, o più fenomeni contemporaneamente, la miglior cosa è sostituire l'amplificatore accordato, o meglio scartarlo del tutto per installare un'antenna munita di spiccate caratteristiche direzionali ed alto guada-

5

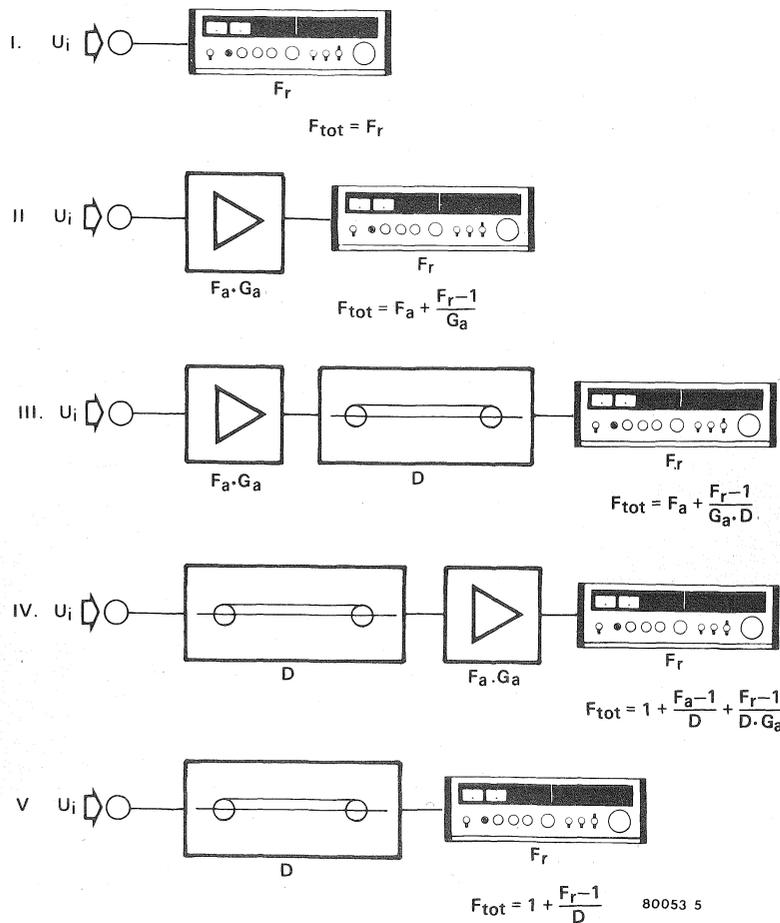


Figura 5. Confronto delle prestazioni ottenute attenuando diverse configurazioni con i componenti elencati di seguito:

- I. Solo ricevitore;
- II. Ricevitore preceduto dall'amplificatore d'antenna;
- III. Ricevitore connesso ad un amplificatore da palo mediante un cavo che introduce delle perdite;
- IV. Ricevitore connesso ad un amplificatore d'antenna posto al terminale "basso" del cavo;
- V. Ricevitore e cavo senza amplificatore.

Le cifre e le equazioni che caratterizzano le prestazioni di ciascuna configurazione, sono elencate nella tabella 1.

Tabella 1 (vedi la figura 5).

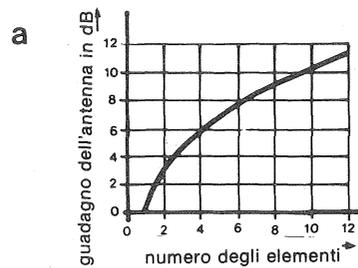
Dati assunti:
 $F_r = 3,5$; $F_a = 1,5$; $G_a = 100$ (20 dB); $D = 0,25$ (-6 dB).
 Per la sensibilità del ricevitore vedi la figura 3.

configurazione (figura 5)	Ftot (kTo)	miglioramento (dB)	sensibilità 1) (μ V)	segnale-rumore 2) (dB)
I	3,5	0	100	60
II	1,53	3,6	66	64
III	1,6	3,4	68	63
IV	3,1	0,5	94	61
V	11	-5	177	55

1) per 60 dB di rapporto S/N in stereo.

2) Per 100 μ V d'ingresso (stereo).

6



80053 6

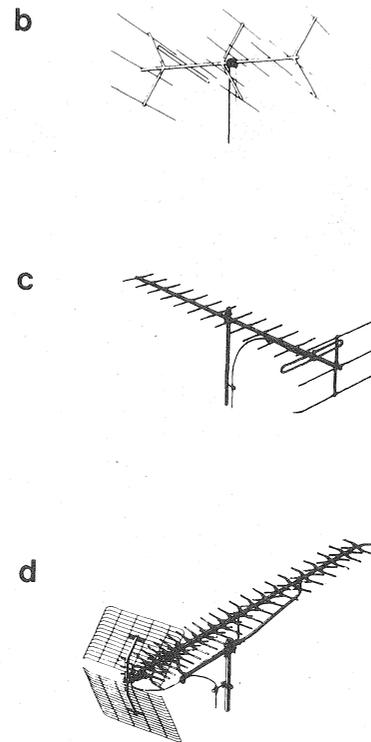


Figura 6. Un'antenna efficiente è il miglior amplificatore RF. I sistemi multielementi possono erogare un segnale più ampio del semplice dipolo pur senza generare alcun rumore inerente. Ciò è evidenziato dal grafico di figura 6a, che mostra il guadagno offerto dall'antenna come funzione del numero degli elementi. Le figure da 6b a 6d illustrano le antenne seguenti:
 6b, un'antenna a 14 elementi per UHF dal guadagno di circa 12 dB.
 6c, un'antenna a 13 elementi per VHF dal guadagno di circa 11 dB.
 6d, un'antenna per UHF munita di ben 91 elementi! Il guadagno tipico è di circa 16 dB.

gno. Un'altra soluzione può essere inserire lungo la discesa d'antenna uno stadio accordato preamplificatore, provvisto di controllo automatico del guadagno, o pensare all'investimento necessario per l'acquisto di un ricevitore dalle caratteristiche superiori.

Il miglior stadio preamplificatore RF è una buona antenna

L'adagio appena riportato, significa che nelle migliori condizioni, delle buone antenne per frequenze alte e molto alte, possono dare un "guadagno" consistente. Si ottiene quindi "qualcosa in cambio di nulla" grazie alle caratteristiche direziona-

li dei captatori che possono essere realizzati in modo tale da concentrare l'emissione e la relativa energia, offrendo una capacità di captazione molto elevata.

Il guadagno "passivo" così realizzato è espresso come uscita dell'antenna per una intensità di campo definita, nei confronti di un semplice dipolo.

Usualmente, per la qualificazione si impiega la scala del dB; un'antenna dal guadagno indicato in 8 dB eroga una energia di 6,3 volte più grande rispetto a quella del semplice dipolo.

Il guadagno a sua volta manifesta un miglioramento di 8 dB nel rapporto segnale-rumore, il che comprova l'assunto che ha

titolato questo paragrafo.

Un'antenna, non importa di quale tipo sia e a quale livello abbia il guadagno, non può essere saturata, ed evidentemente non necessita di un qualunque alimentatore. Malgrado tutti questi buoni argomenti, vi sono dei casi nei quali è assolutamente necessario impiegare un amplificatore d'antenna, e le circostanze saranno di volta in volta valutate da chi ascolta o da chi guarda i programmi alla TV.

Se proprio senza amplificatore non si vede e non si sente, si deve scegliere un dispositivo dal progetto molto efficace, come quello che è descritto in questo stesso numero di Elektor, altrove.