

SERVIZIO ISOFREQUENZA SULLE AUTOSTRADE

F. ANGELI, M. GUNETTI(*)

SOMMARIO — Il Centro Ricerche RAI di Torino ha progettato, studiando particolari accorgimenti impiantistici, la realizzazione di una rete di trasmettitori MF monofonici operanti in isofrequenza ed isomodulazione con aree di servizio contigue. Tale rete è particolarmente adatta a servire i tracciati autostradali, con programmi informativi dedicati (2). Sono state condotte prove di ascolto soggettive allo scopo di definire i rapporti di protezione tra due portanti MF, isofrequenza ed isomodulazione, in funzione del loro ritardo riferito ai segnali modulanti. È stato indagato l'effetto Doppler relativo a mezzi in movimento tra due trasmettitori isofrequenza contigui. Si può in definitiva ipotizzare un servizio isofrequenza monofonico con rapporti di protezione di soli 2 dB tra i segnali di due trasmettitori. È illustrato un dispositivo che consente di variare il ritardo della portante MF riferito ai segnali modulanti.

SUMMARY — **FM monophonic isofrequential service along the motorways.** The RAI Research Center of Turin studied particular installation solutions for the implementation of an FM monophonic isofrequential and isomodulation network of transmitters operating in adjacent service areas. The network is intended to serve motorways with dedicated informative programmes. Subjective listening tests were performed to define protection ratios for isofrequential and isomodulation FM carriers, referred to the delay between modulating signals. It was investigated the Doppler effect for vehicles moving between two transmitters. An isofrequential monophonic network with an RF protection ratio of 2 dB only is then implementable. A system enabling to vary the delay of FM carriers, referred to modulating signals, is described.

1. Introduzione

Da parecchi anni la RAI sentiva la necessità di migliorare l'ascolto dei programmi radiofonici da parte degli utenti automobilisti che viaggiano sulle strade principali, e particolarmente sulle autostrade.

L'ascolto non è sempre facile: sia perché è frequentemente necessario cambiare la sintonia del ricevitore per accordarsi sul trasmettitore che serve meglio ogni singola zona, sia perché vasti tratti di percorso sono serviti male o non serviti affatto.

In effetti la pianificazione dei trasmettitori di radiodiffusione è generalmente effettuata per copertura di popolazione e non di superficie; è quindi possibile che aree poco densamente popolate, particolarmente in zone montagnose, non siano servite con intensità di campo adeguate a garantire il servizio lungo le strade che le attraversano.

L'affollamento dell'etere causato dal moltiplicarsi delle radio private ha ulteriormente peggiorato la situazione, riducendo l'area effettiva di copertura dei trasmettitori a causa delle interferenze, per cui l'utente automobilista ha

sovente difficoltà a sintonizzare il proprio ricevitore sul programma RAI desiderato.

Si è quindi esaminata la possibilità di coprire lunghe distanze sulle autostrade con trasmettitori MF funzionanti sulla stessa frequenza, tenendo conto che in alcune zone giungeranno, da due trasmettitori, segnali di intensità simili; pertanto si sono studiate le condizioni da soddisfare per dare un servizio di buona qualità lungo tutto il percorso, compresi i tratti in galleria.

Dalla documentazione CCIR e da prove di laboratorio si può assumere che il rapporto di protezione (3) per normali trasmettitori MF funzionanti sulla stessa frequenza e modulati dallo stesso programma sia di circa 30 dB; in pratica, su ampi tratti di autostrada i segnali provenienti da due trasmettitori adiacenti non rispetteranno questa condizione e quindi la ricezione sarà di cattiva qualità.

Per garantire un buon servizio sulle autostrade è necessario adottare accorgimenti tali da ridurre il rapporto di protezione a circa 0 dB, ossia: la simultanea ricezione dei segnali di due trasmettitori aventi intensità comparabili non deve dare origine a distorsione apprezzabile.

A questo fine viene scelto un servizio di tipo monofonico che, a priori, necessita di rapporti di protezione inferiori ad uno stereofonico; altri fattori da tenere in considerazione per ottenere tale risultato sono:

- le portanti a radiofrequenza dei trasmettitori devono avere la stessa frequenza con scarto minimo;
- la differenza di profondità di modulazione deve essere del tutto trascurabile (inferiore a 0,2 dB);
- la differenza di ritardo tra i segnali modulati deve

(1) Ing. Franco Angeli del Centro Ricerche RAI di Torino Laboratorio Altafrequenza; p.i. Massimo Gunetti del Centro Ricerche RAI di Torino Laboratorio Altafrequenza. Dattiloscritto pervenuto alla redazione il 16 aprile 1989.

(2) Il principio di funzionamento del sistema è stato brevettato in Italia e nei principali paesi europei.

(3) Rapporto minimo fra segnale utile e segnale interferente per avere una qualità di ricezione buona con la maggioranza dei ricevitori.

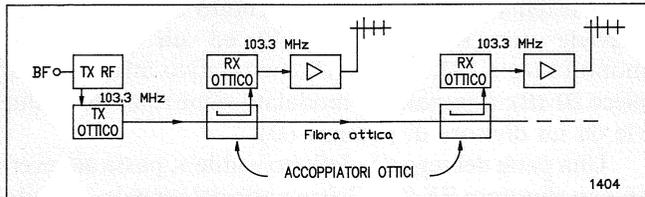


Fig. 1 — Schema di principio di un impianto isofrequenza.

essere minima (inferiore a $5\mu s$) nei punti critici in cui i segnali di due trasmettitori adiacenti si ricevono con intensità compatibili.

La soluzione studiata per soddisfare queste esigenze, prevede l'utilizzo di una fibra ottica posata lungo la sede autostradale, con derivazioni predisposte nei punti orograficamente adatti alla installazione dei trasmettitori.

In figura 1) è rappresentato schematicamente l'impianto.

Il segnale MF, già modulato dal programma, modula a sua volta il trasmettitore ottico che alimenta la fibra ottica.

Nei punti di derivazione sono installati ricevitori ottici che restituiscono il segnale elettrico: questo viene amplificato sino alla potenza opportuna ed irradiato da un sistema di antenne orientate lungo l'asse autostradale.

Il principale vantaggio della fibra ottica, rispetto ai consueti cavi coassiali, è la bassissima attenuazione dei segnali trasmessi (sino a 15 volte in meno).

L'impianto descritto soddisfa le condizioni di cui ai punti a) e b); la condizione c) verrà soddisfatta introducendo, nelle stazioni di trasmissione interessate, un sistema di equalizzazione del ritardo per compensare i ritardi dovuti alla differenza dei tempi di percorso in aria ed in fibra ottica.

Inoltre lo studio accurato, caso per caso, dei punti di installazione dei trasmettitori e l'impiego di sistemi irradianti opportunamente studiati consentono di ridurre al minimo l'estensione delle aree in cui i segnali dei due trasmettitori vengono ricevuti con intensità comparabili.

Per quanto riguarda le antenne, è fondamentale un diagramma di irradiazione che presenti un elevato rapporto avanti/indietro.

Vediamo l'esempio di figura 2: siano A e B due trasmettitori successivi ad una distanza di 20 km. Sup-

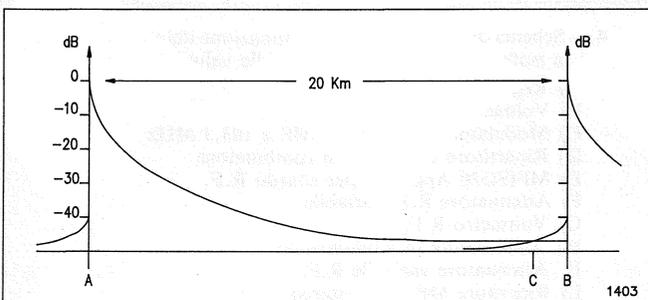


Fig. 2 — Distribuzione dei campi RF con antenne ad elevato rapporto A/1.

poniamo che il rapporto avanti-indietro delle antenne sia di 40 dB e che entrambe abbiano il massimo di irradiazione verso destra: i segnali provenienti da A e B saranno eguali nel punto C e, per effetto dei 40 dB di rapporto avanti-indietro, la distanza C-B sarà pari a 1/100 di quella A-C, ossia sarà di circa 200 m.

È evidente che nel tragitto da A verso B il segnale del trasmettitore A rimane prevalente sino nei pressi di B; la zona in cui i segnali da A e B sono di intensità comparabile è ridotta a poche centinaia di metri.

Per quanto riguarda i ritardi tra i due segnali è quindi definito il punto in cui equalizzarli; esso può, in pratica, essere considerato coincidente con B.

Nell'esempio riportato, essendo la velocità di propagazione nella fibra ottica pari ai 2/3 della velocità della luce e la distanza da A a B di 20 km, il segnale irradiato da A deve essere ritardato di $33\mu s$ affinché la modulazione nel punto B sia in fase con quella irradiata dal trasmettitore B.

Il problema della ricezione in galleria è risolto con la posa, lungo le stesse, di un cavo fessurato autoirradiante alimentato con il segnale MF.

2. Misura dei rapporti di protezione

Allo scopo di pianificare una rete di trasmettitori isofrequenziali, occorre conoscere i rapporti di protezione necessari tra il segnale utile e quello interferente, che in questo caso hanno la stessa frequenza.

I dati sino ad ora disponibili sono quelli della raccomandazione 412-4: Norme di pianificazione per la radiodiffusione sonora a modulazione di frequenza in onde metriche (CCIR - 1986, vol. 10).

Considerando il caso di disturbo in monofonia con $\delta f = 75$ kHz e scarto di frequenza zero tra il segnale utile e quello interferente, le norme CCIR impongono un rapporto di protezione di 36 dB (fig. 3).

Tuttavia tali rapporti di protezione non sono applicabili al servizio isofrequenza MF per le peculiari caratteristiche del sistema tecnico adottato e descritto nell'introduzione; vale a dire:

1) la frequenza dei segnali utile ed interferente è rigorosamente la stessa in quanto originata da un unico modulatore;

2) il segnale utile e quello disturbante recano la stessa modulazione, per cui le pause di modulazione dell'uno corrispondono a quelle dell'altro;

3) la profondità di modulazione del segnale utile ed interferente è rigorosamente la stessa, in quanto originata da un unico processo di modulazione.

A ciò occorre aggiungere che, nelle condizioni di esercizio, la modulazione del segnale utile ed interferente, pur essendo identiche, si presentano al ricevitore con uno sfasamento relativo che è funzione della differenza di percorso tra ciascuno dei due trasmettitori ed il punto di ricezione (occorre considerare oltre al ritardo in aria anche quello introdotto dal collegamento in fibra ottica).

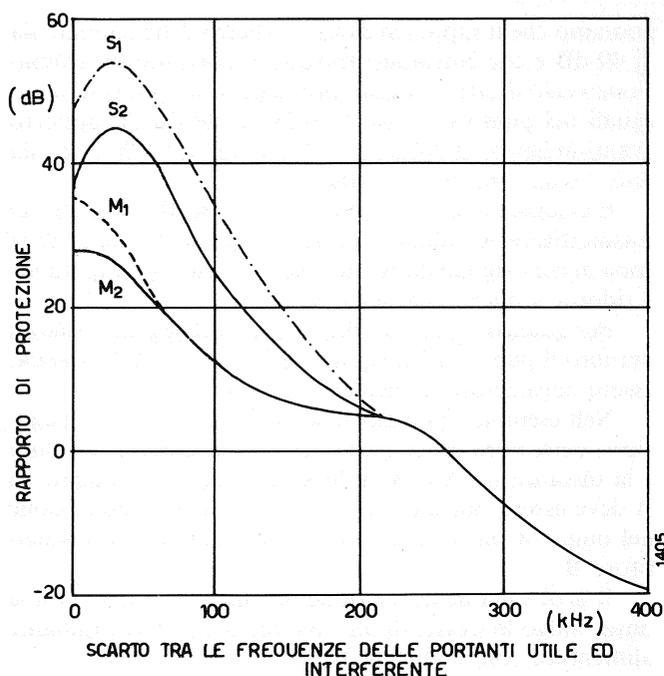


Fig. 3 — Rapporto di protezione in radiofrequenza per la radiodiffusione in onde metriche (banda 8) per le frequenze da 87,5 a 108 Mhz, per deviazione di frequenza massima di +/- 75 KHz.

- Curva M1: radiodiffusione monofonica; disturbo costante
- Curva M2: radiodiffusione monofonica; disturbo troposferico protezione per il 99% del tempo
- Curva S1: radiodiffusione stereofonica; disturbo costante
- Curva S2: radiodiffusione stereofonica; disturbo troposferico protezione per il 99% del tempo.

Si è ritenuto quindi di dover definire nuovi e specifici rapporti di protezione tra segnali isofrequenza, in funzione del ritardo relativo tra segnale utile ed interferente.

3. Metodo di misura

Per le peculiarità del sistema in prova, non è stato possibile determinare il rapporto di protezione con il metodo di rilievo oggettivo descritto nella raccomandazione 641 (CCIR-1986, allegato 1 - vol. 10): metodo che prevede un segnale RF utile non modulato ed un segnale RF interferente modulato da rumore colorato.

Si è quindi impiegato il metodo classico delle valutazioni soggettive, organizzando gruppi di ascoltatori esperti composti in media da 12 persone.

Le valutazioni soggettive sono state condotte nel rispetto della raccomandazione 562-2 (CCIR-1986 - Vol. 10), adottando la scala di degradamento a 5 livelli:

grado	degradamento
5	Impercettibile
4	Percettibile ma non disturbante
3	Leggermente disturbante
2	Disturbante
1	Molto disturbante

Il sistema di misura è rappresentato in figura 4: esso prevede una sorgente BF (A) ed un modulatore monofonico a 103,3 MHz (C) con relativo misuratore di picco BF (B); il segnale RF modulato viene ripartito su due vie da un divisore di potenza (D).

Una parte del segnale, definito «utile», passa attraverso uno sfasatore RF (O); l'altra parte del segnale, definito «interferente», passa attraverso un dispositivo di ritardo (E) denominato MFISO20.

Il dispositivo MFISO20, ideato dal Centro Ricerche RAI ST/RS/A e realizzato con la collaborazione della TEKNO TELECOM, consente di introdurre ritardi del segnale RF sino a 800 μ s (Appendice 1).

Il rapporto tra il segnale utile ed interferente viene regolato, prima della ricombinazione dei due, dall'attenuatore a scatti (F) con risoluzione di 1 dB.

Il voltmetro RF (G) consente di equilibrare, misurandoli uno alla volta, i due segnali. L'analizzatore di modulazione (H) sarà utile alla regolazione della profondità di modulazione (δf).

Un ricevitore commerciale MF (L), fornisce il segnale BF all'amplificatore di ascolto (M) e relative casse acustiche (N).

4. Preliminari alle misure

Da una campagna di misure preliminari risulta che la qualità di ricezione in isofrequenza è influenzata non solo dal ritardo relativo tra le modulazioni dei segnali utile ed interferente, ma è altresì influenzata dalla fase relativa tra le due portanti RF.

L'andamento tipico della distorsione in funzione della

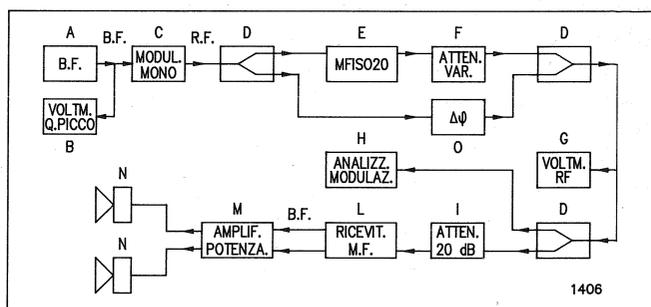


Fig. 4 — Schema di misura per la determinazione dei rapporti di protezione in isofrequenza con il metodo delle valutazioni soggettive.

- A) Registratore magnetico
- B) Voltmetro BF quasi di picco
- C) Modulatore monofonico MF a 103,3 MHz
- D) Ripartitore di potenza o combinatorio
- E) MFISO20 Apparato per ritardo R.F.
- F) Attenuatore R.F. variabile
- G) Voltmetro R.F.
- H) Analizzatore di modulazione
- I) Attenuatore variabile R.F.
- L) Ricevitore MF mono/stereo
- M) Amplificatore di potenza B.F.
- N) Casse acustiche
- O) Variatore fase R.F.

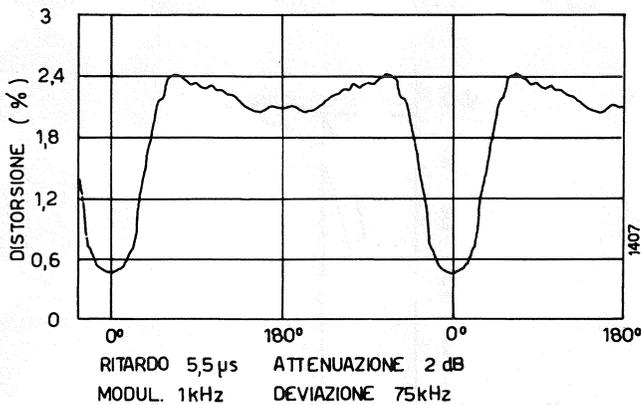


Fig. 5 — Distorsione di una nota a 1 kHz in funzione della fase tra la portante utile e la portante interferente. Ritardo tra le due portanti, riferito alla modulazione: 5 μ s. Rapporto tra portante utile ed interferente: 2 dB. Deviazione di frequenza: 75 kHz.

fase tra le due portanti, utilizzando un ricevitore MF di qualità, è rappresentato dalla figura 5.

Nel condurre le prove soggettive converrà quindi, di volta in volta, al mutare delle altre condizioni, regolare lo sfasatore RF per la condizione di massima distorsione.

Le prove preliminari hanno guidato nella scelta dei brani da sottoporre ai gruppi di ascoltatori; in particolare si è rilevato come, tra i vari tipi di modulazione, il pianoforte risulti particolarmente critico; all'opposto risulta non utilizzabile, perché eccessivamente sollerante, il parlato.

È stato pure rilevato come il degrado risulti direttamente proporzionale alla profondità di modulazione, per cui si è curato particolarmente di non eccedere le corrette condizioni di modulazione.

5. Risultati

Sono state esaminate quattro condizioni di ritardo su tre diverse modulazioni: a) pianoforte, b) violino, c) disco music.

fig. 6a) - fig. 6b) - fig. 6c) per un ritardo di 5 μ s
 fig. 7a) - fig. 7b) - fig. 7c) per un ritardo di 10 μ s
 fig. 8a) - fig. 8b) - fig. 8c) per un ritardo di 20 μ s
 fig. 9a) - fig. 9b) - fig. 9c) per un ritardo di 40 μ s

Per ogni ritardo ed ogni tipo di modulazione, si è considerato valido il rapporto di protezione corrispondente ad un grado non inferiore a 4,5 (risultante dalla media delle valutazioni dei singoli ascoltatori), con scarto quadratico medio intorno a 0,5.

L'esame dei diagrammi di figura 6 dimostra come per piccoli ritardi di 5 μ s, il rapporto di protezione sia indipendente dal tipo di modulazione e venga contenuto in soli 2 dB.

Con l'aumentare dei ritardi nelle figure 7 - 8 - 9, compaiono differenze sostanziali che ripendono dal tipo di modulazione: le modulazioni con forti transitori (pianoforte) sono le più penalizzate e richiedono rapporti di protezione maggiori.

Per quanto riguarda la disco music, con ritardi di 20 μ s e 40 μ s, nelle figure 8 - 9 si può rilevare una irregolarità nella curva delle valutazioni che potrebbe essere imputata al particolare tipo di modulazione. Il fenomeno non è stato indagato ulteriormente.

6. Effetto Doppler in isofrequenza

Le considerazioni fino ad ora effettuate si riferiscono ad una ricezione con automezzo fermo o che si muove a velocità limitata dal trasmettitore A, verso il trasmettitore B (v. fig. 2).

Quando invece l'automezzo si muove a velocità sostenuta diviene progressivamente significativo l'effetto Doppler.

A causa dell'effetto Doppler, il ricevitore MF posto sull'automezzo in movimento, registrerà una apparente diminuzione della frequenza ricevuta dal trasmettitore A; l'effetto è espresso dalla seguente relazione:

$$f_A - \delta f_A = f_A \frac{C - V/3600}{C}$$

Contemporaneamente il ricevitore MF registrerà un apparente aumento della frequenza ricevuta dal trasmettitore B; l'effetto è espresso dalla relazione:

$$f_B + \delta f_B = f_B \frac{C + V/3600}{C}$$

dove $f_A = f_B$ frequenza dei trasmettitori, in Hz

δf_A = scarto di frequenza del trasmettitore A per effetto Doppler, in Hz

δf_B = scarto di frequenza del trasmettitore B per effetto Doppler, in Hz

C = velocità di propagazione del campo elettromagnetico (300.000 km/sec)

V = velocità dell'automezzo (km/ora)

Ponendo $f = f_A = f_B$ e $\delta f = \delta f_A + \delta f_B$, dalle due equazioni si ottiene:

$$\delta f = \frac{2Vf}{3600C}$$

dove δf è lo scarto totale di frequenza tra le due sorgenti, visto dal ricevitore MF posto sul mezzo in movimento.

Alla velocità di 130 km/ora, lo scarto totale di frequenza, imputato all'effetto Doppler, è calcolato in 24,87 Hz su 103,3 MHz.

Sono state effettuate misure per simulare le condizioni di ricezione con lo spostamento di frequenza di 25 Hz di uno dei due segnali RF; lo spostamento è stato ottenuto per conversione.

È stato rilevato il degrado di ricezione mediante la misura psfometrica del parametro SINAD (Signal over Noise And Distortion), cioè il rapporto tra il segnale in banda base e il rumore più la distorsione, in funzione del rapporto tra le ampiezze delle due portanti. La misura è stata eseguita per tre diverse frequenze modulanti: 40 Hz, 400 Hz, 4 kHz, con una deviazione di frequenza di 75 kHz.

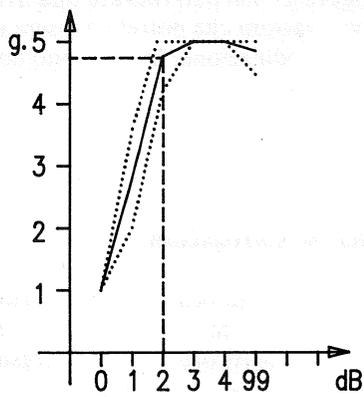


Fig.6a) Pianoforte - 5 μ s

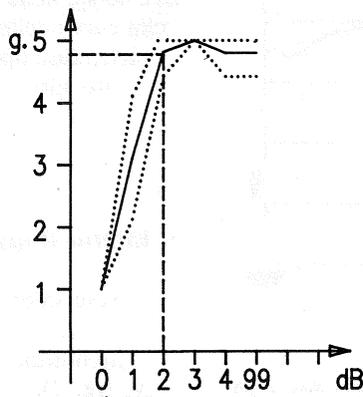


Fig.6b) Violino - 5 μ s

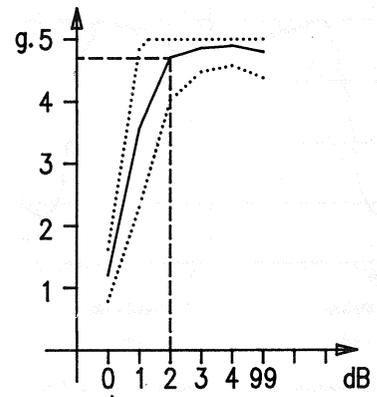


Fig.6c) Disco music - 5 μ s

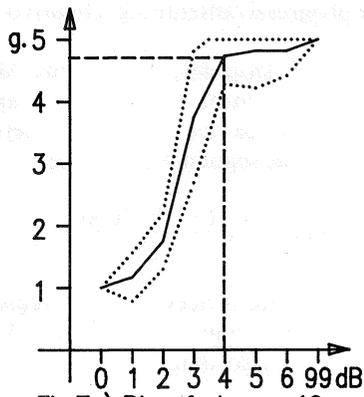


Fig.7a) Pianoforte - 10 μ s

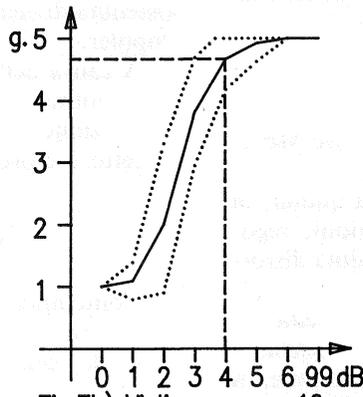


Fig.7b) Violino - 10 μ s

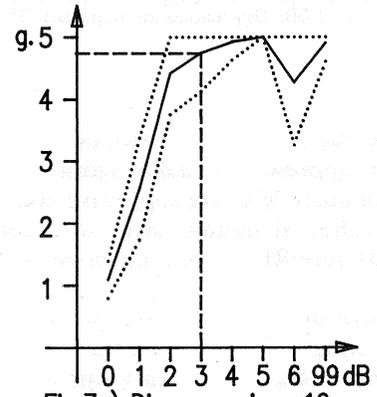


Fig.7c) Disco music - 10 μ s

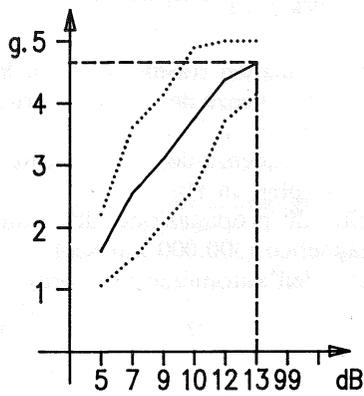


Fig.8a) Pianoforte - 20 μ s

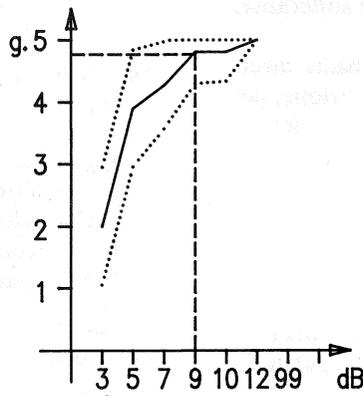


Fig.8b) Violino - 20 μ s

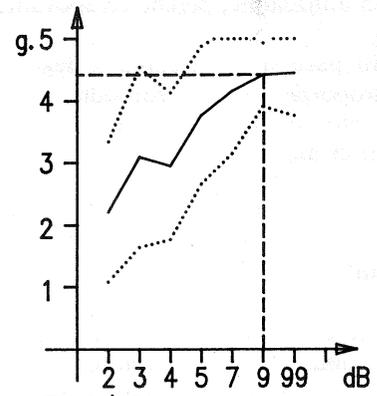


Fig.8c) Disco music - 20 μ s

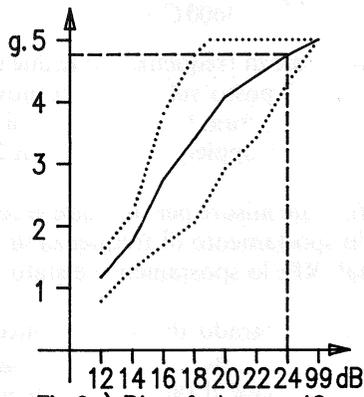


Fig.9a) Pianoforte - 40 μ s

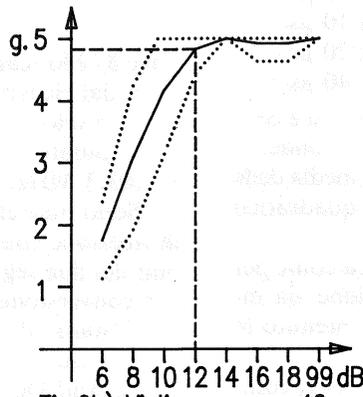


Fig.9b) Violino - 40 μ s

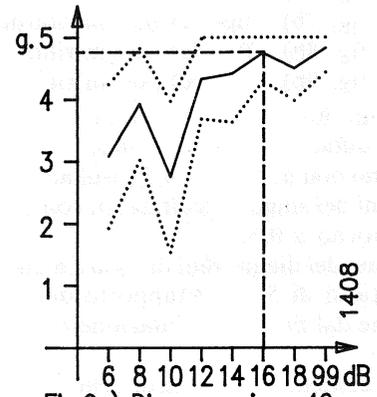


Fig.9c) Disco music - 40 μ s

Figg. 6, 7, 8, 9 — Rapporti di protezione per diversi tipi di modulazione e per diversi ritardi.

Tabella 1

SINAD IN FUNZIONE DEL RAPPORTO TRA LE AMPIEZZE DELLE DUE PORTANTI PER $f_{\text{mod}} = 40 \text{ Hz}$, 400 Hz , 4 kHz

Rapporto (dB)	SINAD (dB)					
	$f_{\text{mod}} = 40 \text{ Hz}$		$f_{\text{mod}} = 400 \text{ Hz}$		$f_{\text{mod}} = 4 \text{ kHz}$	
1	49	(7,9)	33,6	(0,6)	20,6	(2,9)
2	49,8	(8,9)	35,6	(0,6)	24,5	(1,3)
3	50	(9,3)	36,6	(0,6)	26,3	(0,6)
4	50,5	(9,5)	37,3	(1,3)	27,6	(0,6)
5	50,6	(9,6)	37,2	(1)	29,3	(0,6)
6	50,8	(9,6)	37,3	(1,3)	30,6	(1)
7	50,8	(9,6)	37,3	(1,3)	31,6	(1)
8	50,8	(9,6)	37,3	(1,3)	33	(0,5)
9	50,8	(9,6)	37,3	(1,3)	34,3	(0,6)
10	51	(9,7)	37,3	(1,3)	35,1	(0,3)
20	51,1	(9,8)	37,3	(1,3)	37,5	(1,8)
60	51,1	(9,7)	37,3	(1,3)	37,5	(1,8)

I risultati esposti in tabella sono la media delle misure effettuate su tre diversi ricevitori e sono sostanzialmente indipendenti dalla intensità di campo.

I dati tra parentesi esprimono lo scarto quadratico medio (in dB) dei campioni raccolti.

Un esame dei dati tabulati evidenzia un comportamento diverso a seconda della frequenza modulante: per un rapporto di 60 dB (assenza di interferenze) il SINAD proprio del ricevitore, diminuisce con l'aumentare della frequenza modulante, stabilizzandosi a 37 dB a 4 kHz.

Per f modulante di 40 Hz e 400 Hz, passando da rapporti di 60 dB fino a circa di 2 dB, non vi sono variazioni significative.

Per una f modulante di 4 kHz, passando da 60 dB a circa 2 dB si apprezza una variazione di 12 dB del SINAD. Sostanzialmente il fenomeno si presenta come un aumento di distorsione per la gamma alta delle frequenze audio.

Agli effetti della qualità del servizio si possono fare le seguenti considerazioni: il disturbo è direttamente proporzionale alla velocità dell'automobile, ma lo è anche l'effetto di mascheramento da rumore ambiente; l'effetto è limitato alle zone di confine tra due trasmettitori dove il rapporto dei segnali scende intorno a 2 dB.

Si può pertanto giudicare tollerabile, agli effetti della qualità del servizio, il deterioramento introdotto dall'effetto Doppler.

7. Conclusioni

È possibile, in base ai dati raccolti ed ai risultati ottenuti, pianificare una rete isofrequenza ed isomodulazione con rapporti di protezione di soli 2 dB, a condizione che il ritardo relativo tra i due segnali modulati sia mantenuto entro $5 \mu\text{s}$ e che la modulazione di picco non ecceda $\delta f = 75 \text{ kHz}$.

È già stata sperimentata, con buoni risultati, una applicazione pratica dei principi enunciati. Infatti dal maggio 1987 è operante sul tratto autostradale Bologna-Firenze il nuovo servizio RAI denominato ISOFREQUENZA

103,3 MF, che in prospettiva dovrebbe essere esteso a tutta la rete autostradale, per irradiare programmi dedicati agli automobilisti.

Il servizio è monofonico, opera sulla frequenza di 103,3 MHz in banda MF ed è ricevibile con una normale autoradio. Consente una ricezione priva di zone d'ombra, compresi i tratti in galleria, rimanendo sintonizzati su un'unica frequenza durante tutto il percorso autostradale.

Il programma è confezionato appositamente per gli automobilisti con l'inserzione di comunicati sulla circolazione, specifici e dedicati ad ogni tronco autostradale; il sistema si connota come un nuovo servizio, particolarmente rivolto agli utenti autostradali e destinato a migliorare la sicurezza dei viaggi.

Il progetto nasce dalla collaborazione tra la RAI e la soc. Autostrade.

APPENDICE

L'apparato MFISO20, a cui si è accennato precedentemente (fig. 4), consente di equalizzare una rete isofrequenza compensando sino a $800 \mu\text{s}$ il ritardo relativo tra il segnale modulato utile e quello interferente.

L'apparato è realizzato secondo lo schema a blocchi di figura 10 ed opera sulla frequenza di 103,3 MHz, ma è sintonizzabile su una qualunque frequenza della banda MF.

La portante MF, filtrata dallo stadio di entrata, è convertita di frequenza a 2 MHz con l'ausilio di un oscillatore locale a sintesi di frequenza.

Il segnale a 2 MHz viene tradotto in segnale numerico a 8 bit da un convertitore Analogico-Digitale, con cadenza di campionamento a 5 MHz, per essere poi memorizzato in un registro ad anello, anch'esso cadenzato a 5 MHz. Nello stesso istante viene effettuata una lettura del segnale numerico memorizzato in precedenza.

La differenza tra l'indirizzo di scrittura in memoria e l'indirizzo di lettura da memoria è proporzionale al ritardo introdotto sul transito del segnale numerico.

Il ritardo realizzabile dall'apparato viene espresso dalla relazione:

$$t = 2nT + 0,8 \mu\text{s}$$

dove: t è il ritardo realizzato

n è un numero intero da 0 a 2047, corrisponde alla capacità di indirizzo del registro di memoria

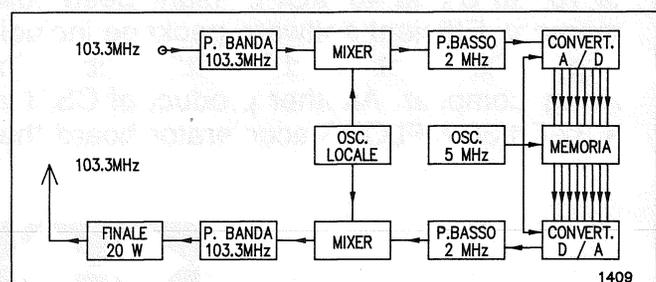


Fig. 10 — Schema a blocchi apparato MFISO20.



Fig. 11 — Autostrada Bologna-Firenze, impianto trasmittente di Bello-sguardo. Potenza RF: 250 W, EIRP: 5 KW.
Le apparecchiature per il servizio ISOFREQUENZA MF sono alloggiare in cabine climatizzate dislocate a fianco dell'autostrada.

T è il periodo di cadenzamento della memoria ed è pari a $0,2 \mu s$ (freq. = 5 MHz)
 $0,8 \mu s$ è il ritardo fisso introdotto dai sistemi di conversione A/D e D/A.

Il segnale numerico ritardato, viene nuovamente tradotto in segnale analogico a 2 MHz da un convertitore Digitale-Analogico; una ulteriore conversione di frequenza riporta il segnale a 103,3 MHz.

Le due conversioni di frequenza, la prima verso il basso, la seconda verso l'alto, sono effettuate con il medesimo oscillatore locale; l'apparato è così indifferente alle instabilità dell'oscillatore stesso. Il segnale di uscita è coerente con il segnale di entrata.

L'apparato incorpora uno stadio di potenza in grado di fornire una potenza di 20 W utilizzabile direttamente in antenna.

(3828)

BIBLIOGRAFIA

- CCIR - 1986 - Vol. 10: Raccomandazione 412-4: *Norme di pianificazione per la radiodiffusione sonora a modulazione di frequenza in onde metriche.*
- CCIR - 1986 - Vol. 10: Raccomandazione 641: *Determinazione dei rapporti di protezione RF nella radiodiffusione sonora a modulazione di frequenza. Allegato 1.*
- CCIR - 1986 - Vol. 10: Raccomandazione 562-2: *Valutazioni soggettive della qualità sonora.*