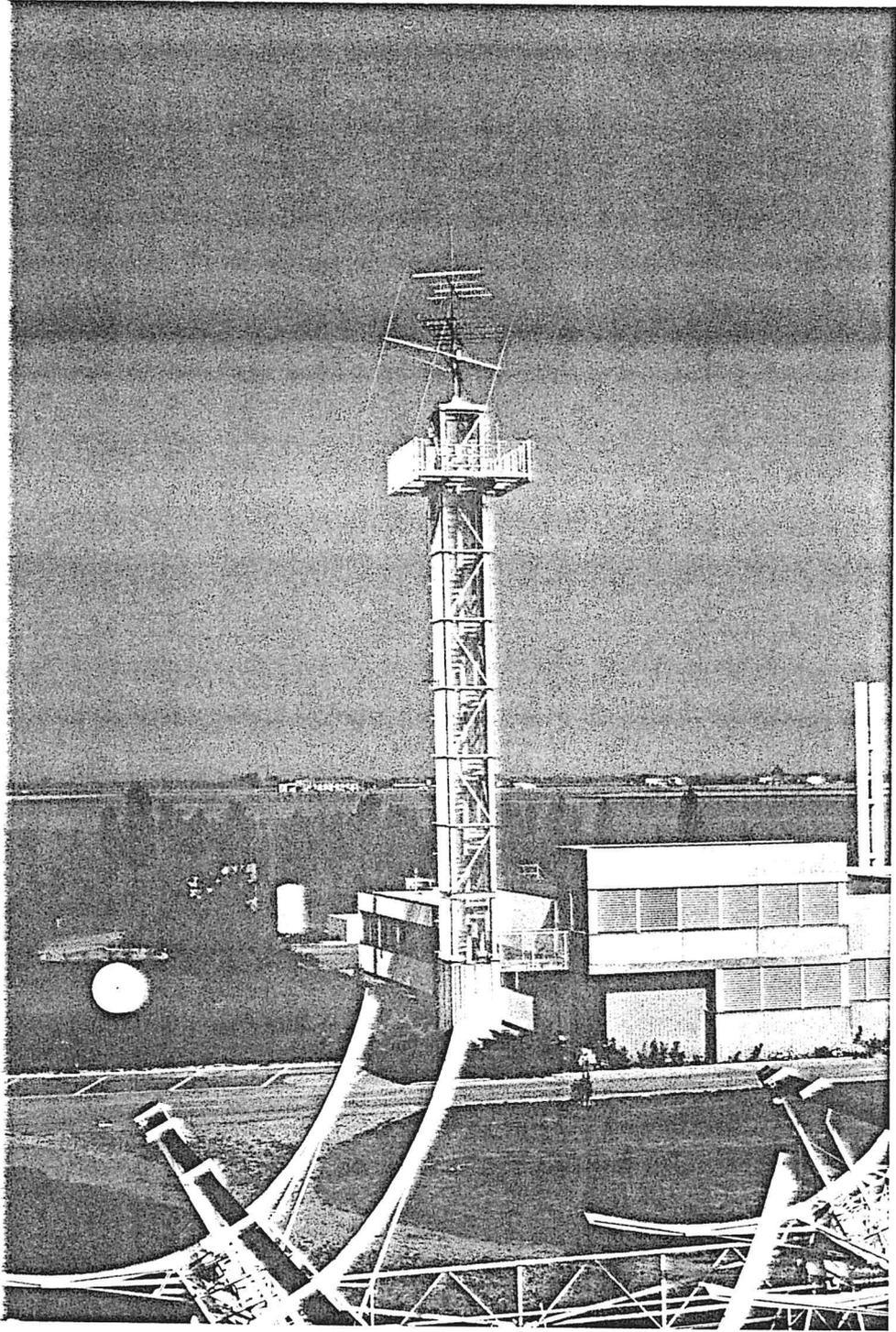


ESTENSIONE DELLE OSSERVAZIONI DI GIOVE
A LUNGHEZZE D'ONDA DECAMETRICHE

di

C.Bortolotti, M.Roma, G.Tomassetti

Rapporto interno I.R.A. 192/94



ESTENSIONE DELLE OSSERVAZIONI DI GIOVE A LUNGHEZZE D'ONDA
DECAMETRICHE.

C. Bortolotti, M. Roma, G. Tomassetti
I.R.A. C.N.R. BOLOGNA

Da uno stimolo di F. Foresta Martin, giornalista.

PREMESSA

L'impatto fra una cometa di notevoli dimensioni, anche se spezzettata in una ventina di frammenti, ed un Pianeta del sistema solare come Giove ha destato la curiosità e l'interesse sia negli ambienti scientifici che amatoriali (astrofili) ma anche in quelli della grande divulgazione che non ha mancato di mostrare e sottolineare gli aspetti più spettacolari del fenomeno.

Osservazioni nello spettro radio per accertare eventuali emissioni sia nel continuo che in riga sono state ovviamente predisposte a Medicina sia con la "Croce del Nord" che con il paraboloide di 32 m di diametro.

La "Croce", essendo uno strumento di transito e con un fascio d'antenna di pochi primi d'arco, potrà solo osservare per scale di tempo dell'ordine del minuto primo, cioè molto brevi. Il fatto di operare in UHF (408 MHz) permette però di saggiare il continuo della emissione di sincrotrone di Giove che non è frequentemente osservato.

Con il paraboloide, che opera a microonde, è prevista l'osservazione delle più comuni righe di emissione (H₂O, NH₃, H₂CO) eventualmente prodotte nello impatto o da esso attenuate oltre a quelle del continuo ad emissione termica.

Tipica, e scoperta solo recentemente (1955), è la forte emissione di Giove a frequenze molto basse con un picco attorno agli 8 MHz e frequenza di taglio superiore a circa 40 MHz (vedi Fig.1).

La produzione di energia a lunghezze d'onda decametriche e chilometriche è attribuibile a particelle ionizzate del satellite Io che si avvolgono a spirale nel campo magnetico di Giove come schematizzato in Fig.2A.

Un esempio di emissione gioviana a bassa frequenza registrata negli anni '50 da Kraus è mostrato in Fig.2B.

La emissione di radiazione in direzione della Terra è statisticamente prevedibile con un elevato grado di affidabilità (e.g.: i dati del Goddard Space Flight Center) ma è comunque abbastanza aleatoria dipendendo criticamente dalle posizioni relative di Giove, Io e della Terra stessa.

Non è scontato che il passaggio dei frammenti attraverso la magnetosfera gioviana inneschi processi di emissione: potrebbe in verità solo alterare quelli eventualmente in atto. O più semplicemente, generare livelli tanto modesti da non poter essere rivelabili e misurabili sulla Terra.

Queste premesse, anche se probabilmente molto semplificative rispetto ad una problematica scientifica specializzata, hanno convinto gli Autori ad impegnarsi nel tentativo di organizzare e

realizzare una configurazione ricevente in onde decametriche che permettesse di osservare nella direzione di Giove durante l'impatto della cometa Shoemaker-Levy.

La nostra configurazione può definirsi "di emergenza" perchè realizzata sfruttando al massimo l'esistente, limitando gli investimenti all'acquisto di due antenne per CB del costo complessivo inferiore alle 200 kLire.

DISCUSSIONE SULLA CONFIGURAZIONE

La scelta della frequenza di operazione è stata dettata dalle considerazioni scientifico-pratiche di compromesso qui elencate:

a)-doveva essere alta il più possibile per sfruttare meglio e più a lungo la trasparenza della ionosfera terrestre; ma non troppo alta perchè l'efficienza della emissione di Giove diminuisce rapidamente all'approssimarsi dei 40 MHz;

b)-la banda 25.550÷25.670 MHz è una banda radioastronomica pertanto l'ascolto al suo interno (anche se non rigorosamente) avrebbe avuto una giustificazione ed una validità anche formale;

c)-la banda immediatamente superiore a questa è riservata al servizio di radiodiffusione internazionale il cui ascolto avrebbe potuto costituire un ottimo "probe" per la verifica della trasparenza della ionosfera;

d)-bisognava comunque essere abbastanza lontani dalla banda CB per evitare il pericolo di interferenze locali;

e)-...ma non troppo per poter ancora utilizzare antenne, anche direttive, economiche ed immediatamente reperibili ad essa destinate!

f)-non doveva esistere traffico radio abusivo locale.

La scelta cadde su una banda di alcune centinaia di KHz con frequenza centrale pari a 25.7 MHz a cui sembravano coesistere quasi tutte le condizioni preposte.

Le fonti di prevedibile interferenze o rumore su queste frequenze possono essere:

1)-scariche impulsive dovute a temporali anche molto lontani;

2)-scariche occasionali locali dovute alla distribuzione della energia elettrica o all'uso di elettrodomestici;

3)-rumore provocato dal sistema di accensione e dalle candele delle automobili in transito;

3)-"bursts" e "pings" dovuti a "meteor scatter", molto attivo a frequenze così basse. In pratica può succedere che radio

emissioni commerciali o di amatore lontane anche 1000 o piu' km, a causa di sporadiche riflessioni da parte di tracce ionizzate prodotte dall'impatto di micro-meteoriti con la nostra atmosfera, possano essere ricevute, anche con notevole intensita', ingenerando confusione nell'ascoltatore perche' non ovviamente discriminabili dai bursts di provenienza gioviana.

LA REALIZZAZIONE PRATICA

Lo schema a blocchi del sistema ricevente è mostrato in Fig. 3. Si tratta di un sistema a due canali indipendenti che fanno capo a due antenne installate sulla "torre dei disturbi" di Medicina ad una quota di oltre 20m dal suolo.

Le due antenne sono direttive pertanto andranno orientate in modo da inseguire Giove nel suo moto apparente nel nostro cielo. La parte centrale, in alto, della torre dei disturbi puo' ruotare, a comando, sul piano azimutale pertanto non esistono problemi in questo senso. Per quanto riguarda il puntamento in declinazione non si è ritenuto necessario implementarlo in considerazione della modesta direttività delle antenne. Si è poi constatato che semplicemente imponendo alle antenne una "elevazione" costante di una ventina di gradi Giove sarebbe rimasto nel fascio per diverse ore, come richiesto. Si è infine constatato che anche il movimento in Azimuth non poteva risultare critico, sempre in considerazione della modesta direttività delle antenne riceventi; in pratica era sufficiente predisporre il puntamento per avere il massimo alla culminazione.

La funzione delle due antenne è "anti-complementare" nel senso che quella principale, una YAGI a 3 elementi, con un guadagno di 7÷8 dB, punta verso Giove per massimizzarne la eventuale ricezione; l'altra, una semplice antenna a stilo, "punta" (anche fisicamente!) verso Giove ponendosi così nella condizione di minima ricezione. L'idea è appunto quella di mettere i due canali in anti-coincidenza: i segnali di provenienza celeste verranno registrati sul solo canale predisposto per il massimo; quelli di provenienza terrestre (interferenze) giungendo contemporaneamente e con presumibile pari intensita' sulle due antenne, verranno ovviamente registrati su entrambi i canali.

In Fig.4 è mostrato un esempio di registrazione a canali "differenziati". Il segnale che appare nella registrazione "A" (antenna a stilo) nella zona indicata con "1", appare anche sui canali "B" e "C" che fanno entrambi capo alla antenna ad alto guadagno: si tratta con alta probabilita' di interferenze locali. Nella zona indicata con "2", ad una traccia "pulita" in "A" fa riscontro un forte segnale in "B" e "C", (apparentemente diversi solo perche' utilizzano distinti tempi di integrazione). Sfortunatamente i canali "B" e "C", nella circostanza, hanno solo evidenziato la presenza di un forte temporale in corso nel Centro-Sud Italia non rivelato, come era auspicabile, dall'altro canale in anti-coincidenza.

Le antenne

La tre elementi Yagi era di fatto una 4 elementi costruita per il traffico CB a 27 MHz. Si era inizialmente ipotizzato di poter facilmente "adattare" l'impedenza di tale antenna a 25.7 MHz per via del ponticello scorrevole sulle linea di prelievo del segnale. In effetti, anche se discretamente adattata, l'antenna mostro' di non essere idonea a funzionare a frequenza più bassa di quella nominale. In Fig. 5 sono mostrati i diagrammi d'antenna misurati a 27 e 25.7 MHz, dopo il tentativo di adattamento delle impedenze, che dimostrano convincentemente quanto detto sopra. Si decise allora di modificare la 4 elementi facendola diventare una 3 elementi con spaziatore e lunghezze facilmente calcolabili da dati tabellari in nostro possesso. Le misure risultanti dal calcolo e realizzate praticamente sono riportate in Fig. 6B confrontabili con quelle originali mostrate in Fig. 6A. La modifica ha comportato pochissimo sforzo perche' è stato utilizzato con successo tutto lo "hardware" pre-esistente. In Fig. 7 è riportato il diagramma d'antenna della 3 elementi misurata in postazione a due frequenze vicine e simmetriche rispetto a 25.5 MHz. Il lobo d'antenna sul piano H a cui è avvenuta la misura è, praticamente, quello previsto. Se anche sul piano E, come prevedibile, avessimo lo stesso fascio di circa 75 gradi, il guadagno dell'antenna risulterebbe pari a:

$$\text{angolo solido} = 75^\circ \times 75^\circ = (5625^\circ) \text{ quadrati}$$

$$\text{Guadagno} = 41200/5625 = 7.32 \text{ volte} = 8.6 \text{ dBi}$$

a cui corrisponde, alla frequenza di 25.7 MHz (lunghezza d'onda = 11.7 metri) un'AREA EFFICACE di:

$$A_e = (7.32 \times 11.7E2)/4\pi = 80 \text{ mq circa}$$

L'antenna a stilo usata per il secondo canale non merita particolare menzione. Si tratta di un prodotto commerciale che siamo riusciti ad adattare con relativa facilità alla nostra frequenza di lavoro.

I ricevitori

Sono stati adoperati due ricevitori per telecomunicazione già disponibili, predisposti per ricevere segnali AM con un canale IF largo 6 KHz. Sul canale utile è stato usato il ricevitore migliore cioè l'ICOM IC-R9000 fatto precedere da un preamplificatore commerciale della MINI-CIRCUIT a relativamente basso rumore e con un guadagno di una ventina di dB. Per restringere la banda da amplificare e quindi limitare il rischio di ricezioni spurie dovute a saturazione o intermodulazione, l'amplificatore viene preceduto da un energico filtro di banda da noi realizzato.

La registrazione dei dati

Le uscite dei due ricevitori erano ascoltabili localmente in altoparlante ma simultaneamente l'audio del canale utile veniva registrato su nastro a lunga durata tramite un video-recorder della Panasonic, individuato con la sigla NV-FS90 HQ. La durata della registrazione audio è di sei ore con temporizzatore e indicatore dei tempi molto accurato. L'inizio delle registrazioni è stato manualmente indicato sulle tracce del registratore multicanale a carta di dotazione alla "Croce del Nord" su cui appaiono, per costruzione, le marche di tempo. E' stato infatti implementato un sistema a tre tracce a cui fanno capo nella traccia "A" l'uscita del canale segnalatore delle interferenze e in quelle "B" e "C" le uscite del canale di misura utile non integrata "C" e con integrazione di un secondo la "B" (vedi Fig.4).

RISULTATI

Sono stati ascoltati moltissimi eventi ma il piu' eclatante risulta essere la presenza di disturbi dovuti a temporali anche molto lontani. Ionizzazioni sporadiche dovute alla ionosfera ma piu' probabilmente a micro meteoriti, hanno permesso di ascoltare del traffico radio abusivo in cui le lingue parlate andavano dal siciliano al greco. Alcuni degli innumerevoli "bursts" e "pings" ascoltati potrebbero avere provenienza celeste ma solo rigorosi riscontri e coincidenze temporali inequivocabili potranno confermarlo.

Un evento che invece risulta praticamente certo e' quello del 20 Luglio 1994 segnalatoci prima dal Dott. Righini dell' I.E.N. di Torino che lo ha ascoltato sui 151 MHz e indipendentemente confermatoci poi dagli astrofili friulani che lo hanno registrato a 21.5 MHz. Il segnale da noi ricevuto coincide con esattezza con l'attraversamento "attivo" (cioè con forte emissione radio a bassa frequenza) della magnetosfera gioviana del frammento Q2 durato circa 7 minuti, dalle 1925 UTC fino alle 1932 quanto si è interrotto in concomitanza con l'impatto previsto appunto alle 1932 UTC. I dati registrati su nastro e su carta sono conservati ed a disposizione. La loro codifica e digitalizzazione, per renderli compatibili con quelli di provenienza esterna è ancora allo studio.

CALIBRAZIONE (tentativo)

E' stato introdotto ai capi del sistema ricevente principale un segnale di intensità variabile che abbiamo reso pari a quello ricevuto in concomitanza con l'impatto Q2 sopra menzionato. La potenza fornita al ricevitore è risultata di circa -130 dBm.

Con i dati tecnici a nostra disposizione possiamo ora fare il seguente calcolo:

potenza ricevuta = -130 dBm pari a -160 dBW
area efficace \approx 100 mq
lunghezza d'onda = 11.7 m
banda passante = 6 KHz

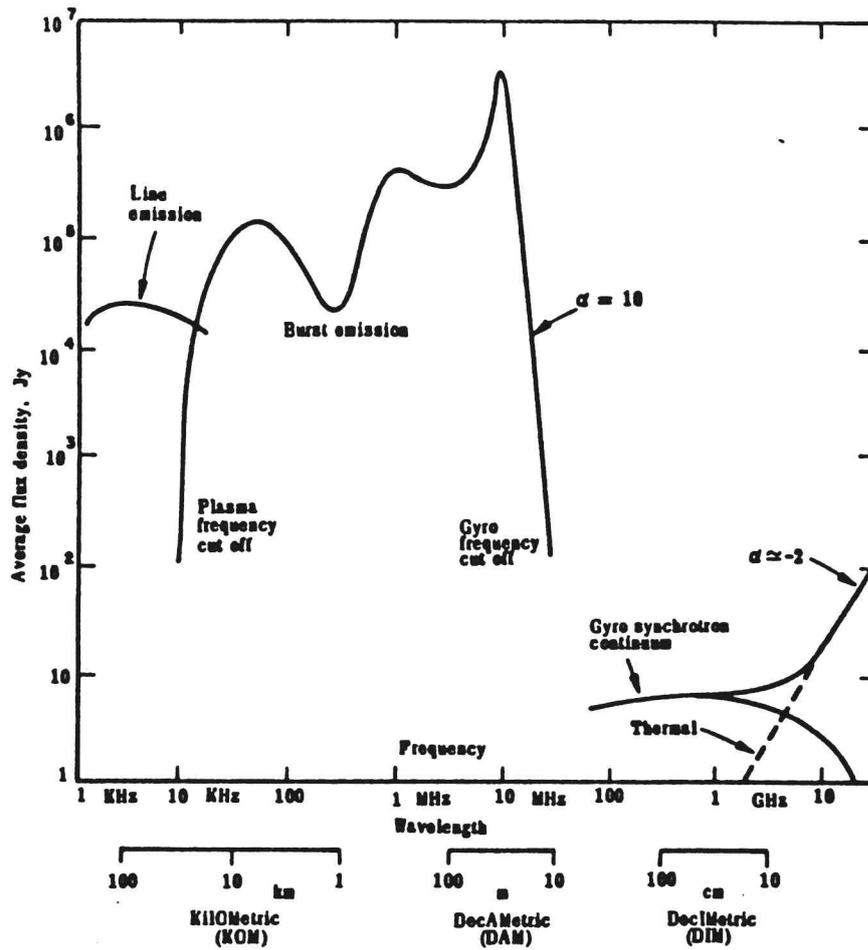
per cui:

$$Pr = 10E-16 / (10E2 \times 6 \times 10E3) = 10E-22 \text{ W} / (\text{mE}2 \times \text{Hz}) = 10E4 \text{ Jy}$$

cioe' circa quanto previsto da Kraus in Fig.1.

L'evento associato a questo ascolto potrebbe a questo punto essere assunto come positivamente avvenuto. L'interpretazione fisica del fenomeno è ovviamente riservata agli specialisti.

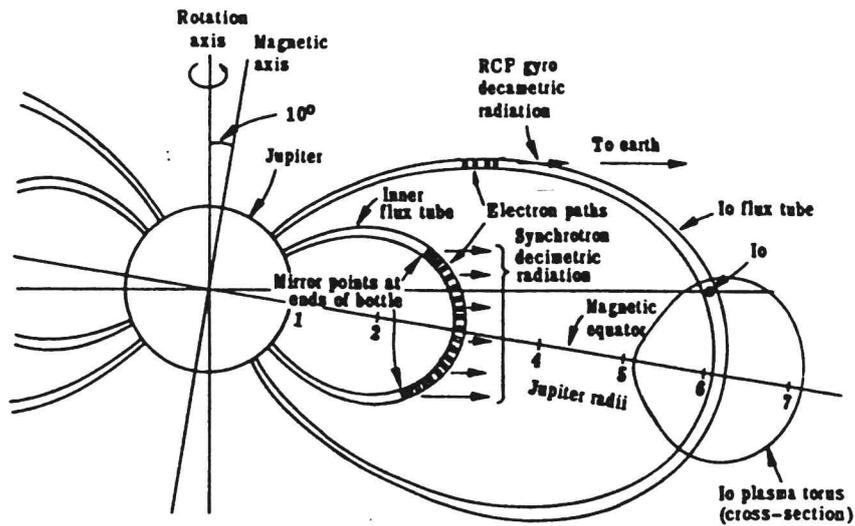
Ringraziamo l'Ing. Stelio Montebugnoli per la fattiva collaborazione durante la preparazione dell'esperienza.



Average flux density spectrum of Jupiter after Carr, Desch and Alexander (1983) normalized to a distance of 1 AU. The highest burst peaks may be 10 to 20 dB higher than the curve. Spectrum for frequencies below 10 kHz after data of Gurnett, Kurth and Scarf (1983).

FIG. 1

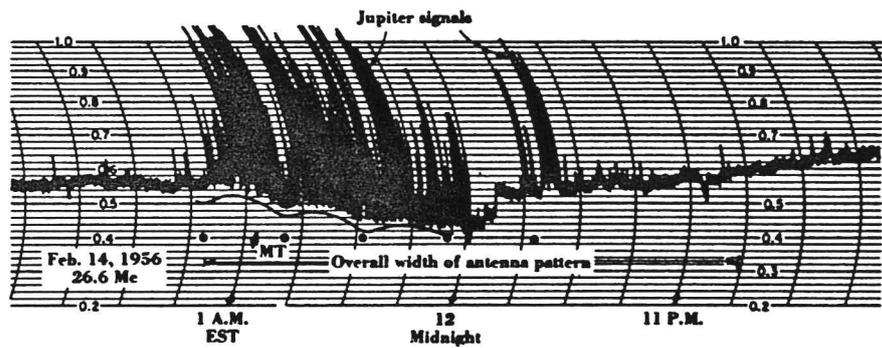
A



Spiralling particles trapped in Jupiter's magnetic field result in decametric (DAM) radiation from Io flux tube and decimetric (DIM) radiation from inner flux tube. The synchrotron decimetric radiation to the earth is a composite of radiation from the entire magnetic bottle (between mirror points). Approximately to scale.

Jupiter and Io by Carr and Kraus

B



Jupiter radiation recorded in 26.6 MHz at the Ohio State University on the night of Feb. 13-14, 1956. (Kraus, 1958.)

FIG. 2

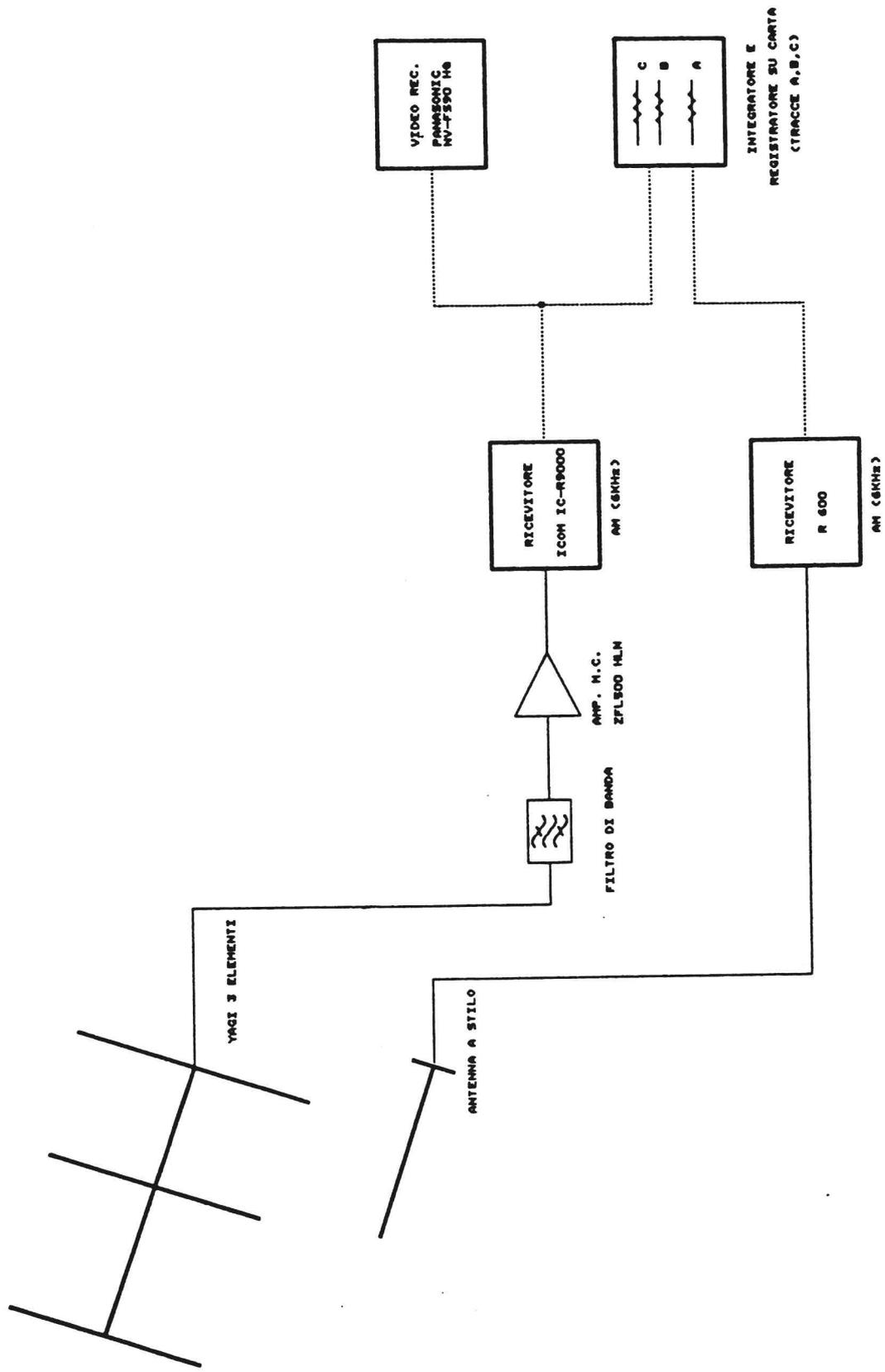


FIG. 3

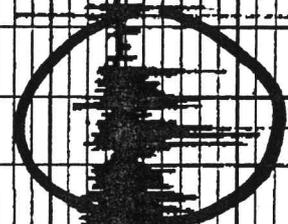
A

FIG. 4

B

C

1



2



18-22

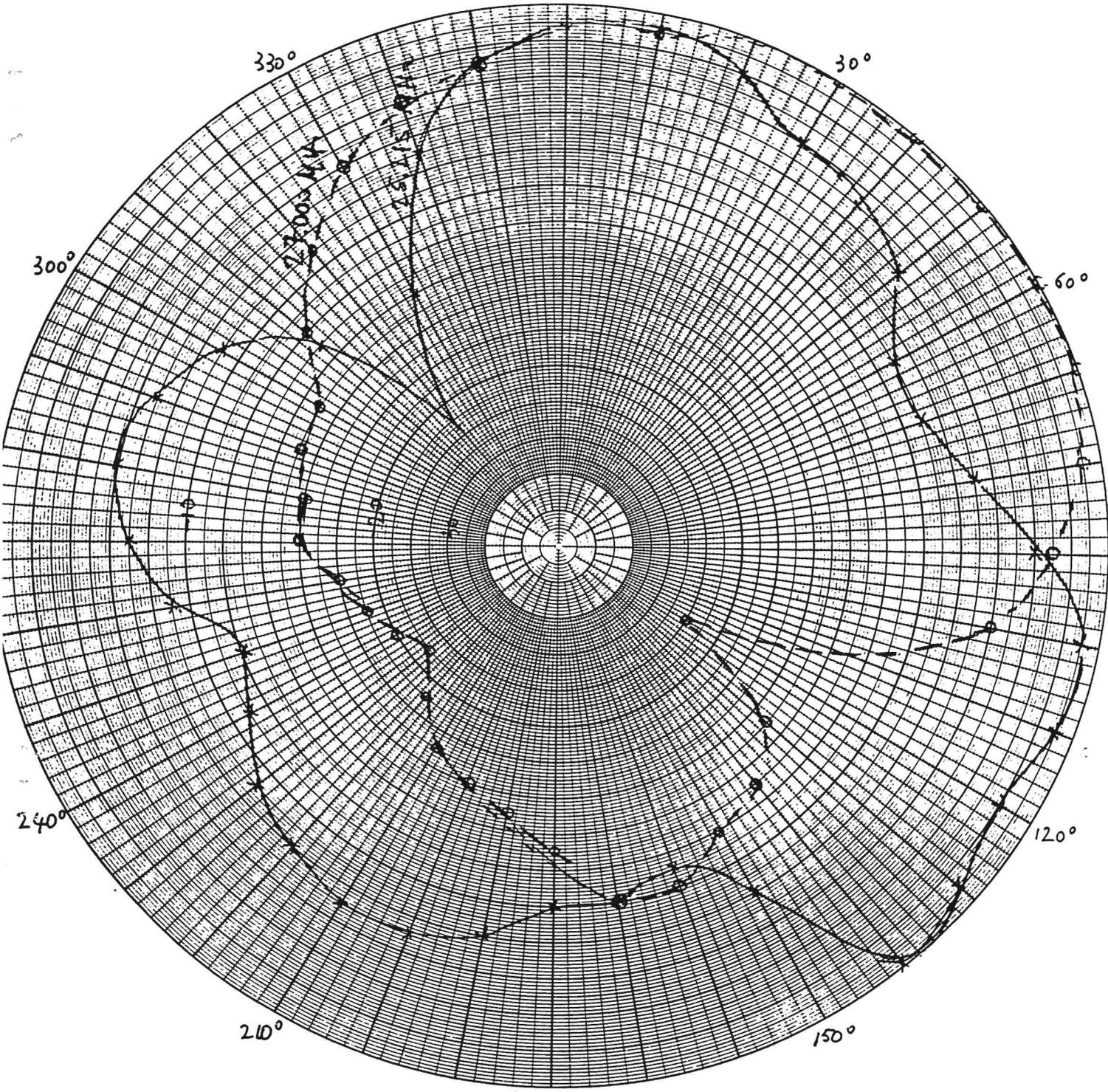
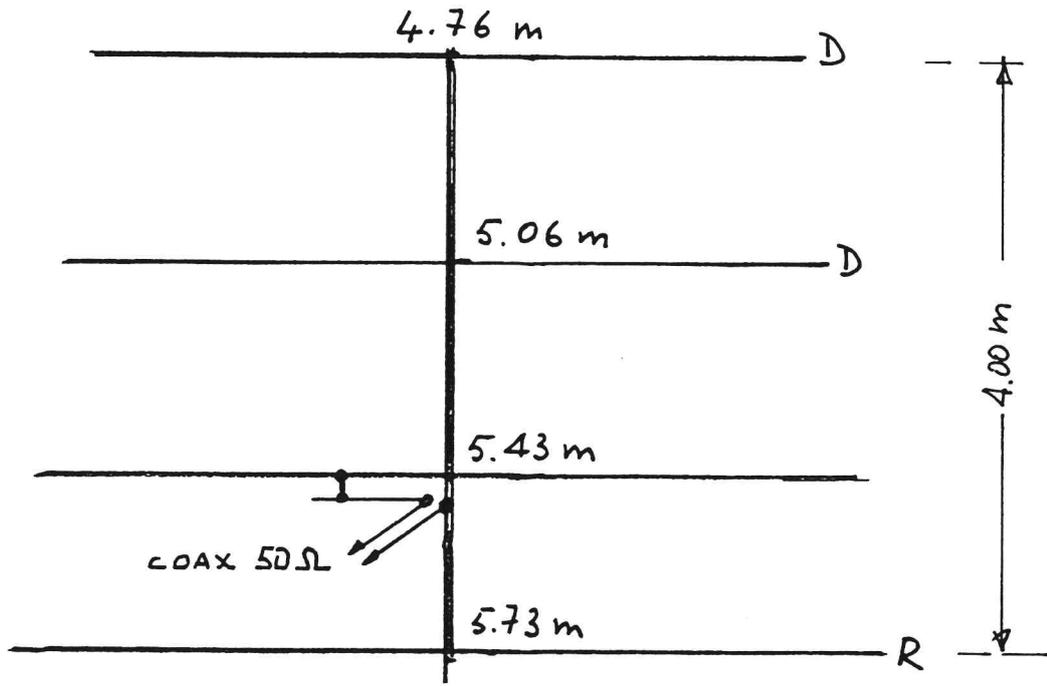


FIG. 5

A



B

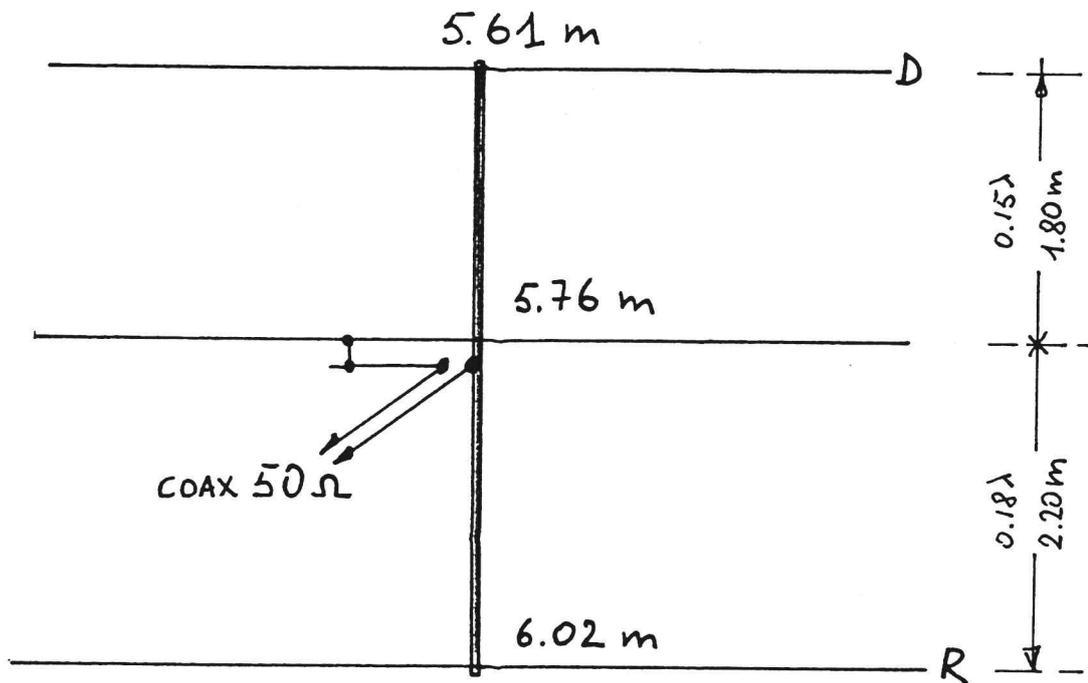
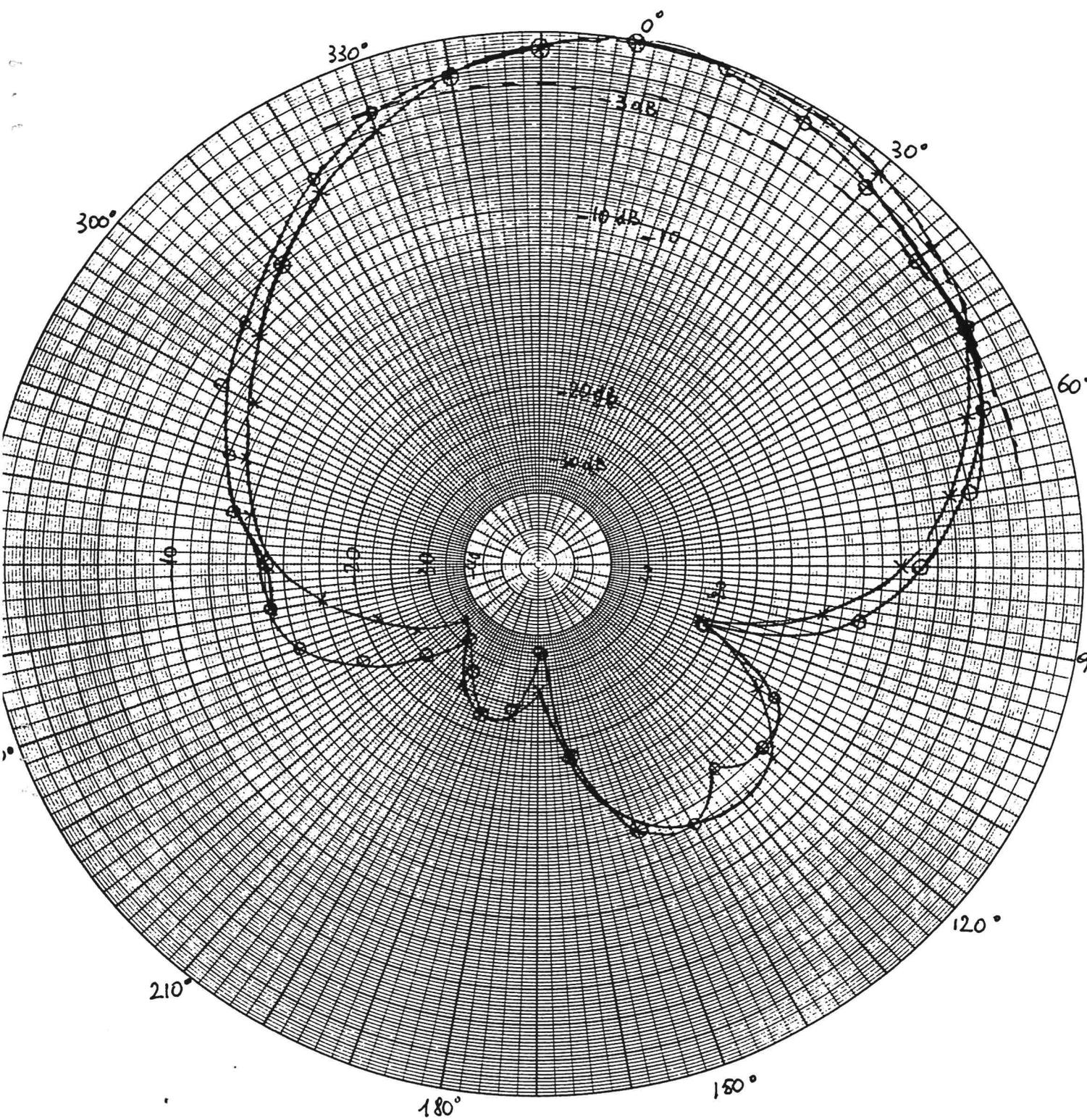


FIG. 6



© 1964 SCHAFFNER & SCHULZ, INC. ALL RIGHTS RESERVED. PRINTED IN U.S.A.

FIG. 7

