

NUOVO SISTEMA DI FAC-SIMILE

MARCO FRANK

Si è studiato un sistema di fac-simile particolarmente adatto alla trasmissione di carte meteorologiche, grafici, scritti e stampati e, in generale, di qualunque immagine in cui non si debbano riprodurre differenze molto leggere di mezzatinta.

Si è osservato anzitutto che le linee di collegamento, non consentendo il passaggio di frequenze superiori a $3000 \div 3500$ c. s., pongono un limite alla velocità massima della trasmissione, oltre a cui le difficoltà si fanno rapidamente insuperabili, e la qualità dell'immagine è compromessa.

Infatti i segnali corrispondenti all'immagine vengono applicati a modulare una frequenza udibile più o meno alta (sottoportante); questa, sommata alla frequenza della modulazione, non deve superare la frequenza di taglio della linea di trasmissione: quindi per tenere alta la frequenza modulante occorrerebbe che fosse relativamente bassa la portante, per es. 1000 c/s la frequenza modulante e 2000 c/s la sottoportante. Ma questo, oltre a provocare gravi inconvenienti nel ricevitore (su cui si tornerà in seguito), comporta una distorsione di fase nella linea, tale da rendere impossibile la trasmissione di immagini con qualunque tipo di fac-simile.

In definitiva si conclude che non è praticamente possibile trasmettere una velocità di modulazione corrispondente ad una frequenza maggiore di 500 c/s, corrispondente ad un migliaio di punti per sec del disegno.

In tal senso si è espresso anche il C.C.I.R. nella sua riunione di Stoccolma nel 1948, considerando 500 c/s come la massima velocità di modulazione praticamente possibile sulle normali linee telefoniche.

Si è pensato allora che — non essendo possibile guadagnare tempo con l'aumentare ulteriormente la velocità — se ne poteva almeno guadagnare sulla preparazione dell'apparecchio, sulle comunicazioni preliminari, e soprattutto — a registrazione effettuata — sullo sviluppo e fissaggio e sulla tiratura di copie.

A questo scopo si è abbandonata la registrazione fotografica per adottare un sistema elettromeccanico, con cui è possibile una registrazione fedele dato appunto che la velocità massima di modulazione non supera 500 c/s.

Si è poi cercato di rendere visibile la registrazione man mano che essa si svolge. Ciò consente un controllo del funzionamento ed inoltre rende molto più semplice il problema della messa in fase del cilindro del registratore rispetto al cilindro del trasmettitore: si eliminano così i sistemi di frizione, bloccaggio e segnali di sbloccaggio, e la messa in fase può essere fatta manualmente con estrema facilità e prontezza. Infine si è cercato che il sistema di registrazione fornisse più copie.

Accanto al problema di trasformare le variazioni di luce in impulsi di corrente, di trasmetterli e di ritrasformarli in chiari e scuri sulla carta, esiste il problema della sincronizzazione tra il cilindro del trasmettitore e quello del ricevitore. La precisione richiesta in questa sincronizzazione è di qualche unità su 10^6 , e pertanto il problema è stato risolto in due modi differenti a seconda dei casi di impiego.

Nel caso in cui trasmettitore e ricevitore siano allacciati da una linea telefonica o da un collegamento radio sufficientemente sicuro e stabile, la frequenza della sottoportante, convenientemente demoltiplicata, viene applicata sia al motore sincrono che trascina il cilindro del trasmettitore, sia a quello del ricevitore. In tal modo è assicurata una perfetta sincronizzazione.

Nel caso (di scarso interesse pratico) in cui il collegamento sia fortemente fluttuante, e vi siano periodi di completa evanescenza ma si voglia ad ogni costo ricevere un'immagine, anche se priva di alcune strisce (corrispondenti ai periodi di assenza del segnale), si ricorre per il sincronismo a due generatori di frequenza indipendenti, stabilizzati con diapason di elinvar. Si ottiene in tal modo un sincronismo tra ricevitore e trasmettitore indipendente dal collegamento. Una eventuale minima differenza di frequenza tra i due diapason porta ad un piccolo scorrimento del disegno, inconveniente non certo grave rispetto alle strisce vuote dovute alla mancanza di segnali.

Partendo dalle considerazioni sopra esposte è stato realizzato un apparecchio, del quale segue la descrizione.

Trasmettitore. — L'apparecchio è schematizzato in fig. 1.

Il foglio con l'immagine da trasmettere viene avvolto sul cilindro (1).

I lembi del loglio vengono fissati entrambi, successivamente, in modo che la carta possa aderire perfettamente alla superficie del cilindro.

Il diametro di questo è di 88 mm e rappresenta la maggiore delle

tre misure raccomandate dal C.C.I.R. La sua lunghezza è di 320 mm. In tal modo le massime dimensioni utili dell'immagine da trasmettere risultano di oltre $250 \times 300 \text{ mm}^2$.

Il cilindro viene fatto ruotare alla velocità standar di 1 giro al sec. dal motorino sincrono (2) accoppiato mediante la vite senza fine (3) e la ruota elicoidale (4) all'asse del cilindro. L'accoppiamento è reversibile in modo da poter avviare a mano il motorino mediante una leggera rotazione impressa al cilindro. Il rapporto tra la vite senza fine (3) e la ruota (4) è di 1:30. Il motorino ha 10 coppie polari, e la frequenza della corrente alternata che lo alimenta è di 300 c/s. Il motorino è del tipo a rotore polarizzato, ed avvolgimento coassiale alloggiato entro lo statore: richiede una potenza di $15 \div 18 \text{ w}$, che gli è fornita dall'amplificatore (5).

Il dispositivo esploratore è realizzato nel modo seguente: parallelamente all'asse del cilindro sono fissate due guide (6) sulle quali può scorrere il carrello (7). Questo porta un settore (8) impegnato nella filettatura della vite (9) la quale ha un passo di 2 mm e compie un giro ogni otto giri del cilindro, essendo collegata all'asse di questo mediante la serie di ingranaggi (10). In tal modo il carrello si sposta di 0,25 mm per ogni giro del cilindro, cioè si vengono ad esplorare 4 linee per mm. (valore raccomandato dal C.C.I.R.).

Qualora si debbano trasmettere sistematicamente immagini in cui non è richiesta una grandissima finezza, per esempio carte meteorologiche in scala normale, dattiloscritti, grafici ecc., può essere op-

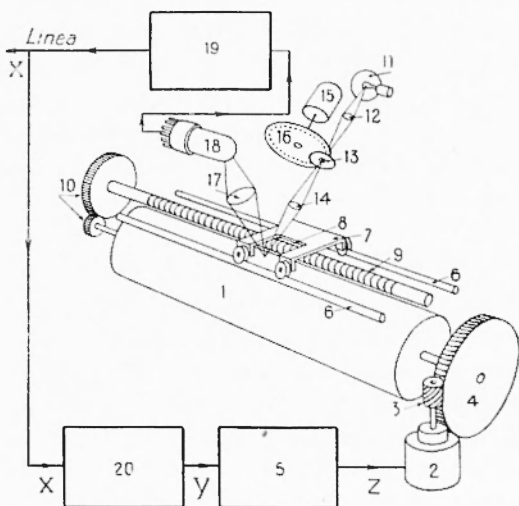


Fig. 1

portuno utilizzare altri rapporti (intercambiando gli ingranaggi (10)) in modo da ridurre il numero di linee per mm ed — in ugual misura — il tempo richiesto per la trasmissione.

L'intera immagine di $250 \times 300 \text{ mm}^2$ esplorata a 4 linee per mm (indice di cooperazione pari a 352) richiede 20 minuti primi. Ovviamente una immagine più corta di 300 mm richiede un tempo proporzionalmente minore.

Sul carrello sono fissati: la lampadina (11), il condensatore (12), il diaframma (13), l'obbiettivo (14), il motorino (15) recante il disco forato (16), la lente (17) e la fotocella (18).

La lampadina è a bassa tensione e filamento concentrato; è da una cinquantina di watt, ma è fortemente sottovoltata. Scopo di usare una lampadina di potenza massima notevolmente maggiore di quella effettiva è di avere una notevole inerzia termica e di poter così alimentare la lampadina con corrente alternata senza introdurre una modulazione-disturbo a frequenza doppia di quella della rete.

L'obbiettivo proietta sul foglio da esplorare un puntino luminoso di 0,2 mm di diametro. La luce diffusa dal foglio viene parzialmente raccolta dalla lente 14 ed inviata alla fotocellula a moltiplicatore elettronico, del tipo RCA 931 A.

La corrente della cellula viene così ad esser proporzionale al coefficiente di diffusione del puntino esplorato e rappresenta, nel tempo, una corrente variabile con una frequenza compresa tra un minimo di 0 c/s, in corrispondenza di tratti dell'immagine a tinta uniforme, ed un massimo di 500 c/s in corrispondenza di tratti in cui si succedano punti chiari e punti aventi dimensioni lineari di 0,25 mm.

Per poter trasportare questa corrente e per poterne riprodurre il valore medio è necessario — come si è detto all'inizio del presente lavoro — utilizzarla per modulare una sottoportante. Questo è ottenuto intercettando periodicamente la luce col disco (16) portante presso la periferia una serie di fori. Il motorino (15) ruota a velocità costante essendo del tipo autosincrono-sincronizzato, agganciato alla

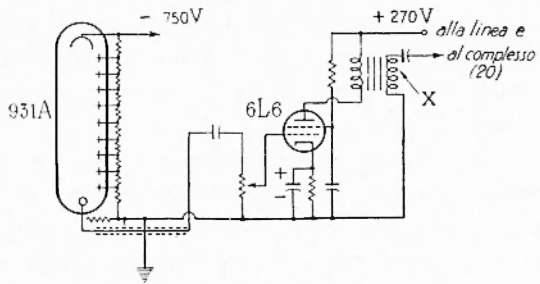


Fig. 2

rete. Quando la rete abbia forti variazioni di frequenza, il motorino può esser fatto funzionare con un oscillatore stabilizzato, quantunque la stabilità della sua velocità, e quindi della frequenza della sottoportante importi soltanto nel senso che le variazioni non devono essere tali da compromettere il funzionamento dei demoltiplicatori.

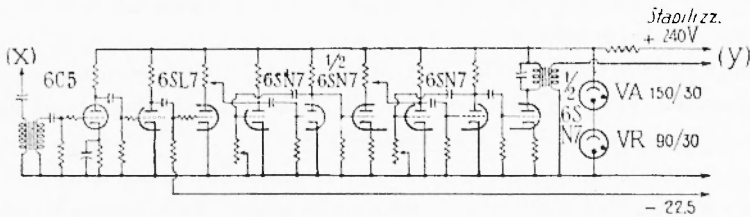


Fig. 3

Con una frequenza di 50 c/s il motorino gira a 50 giri/s: il disco ha 60 fori (di 1,2 mm di diametro, a distanza di 2,4 mm tra centro e centro) e si hanno così 3000 interruzioni al secondo, corrispondenti alla frequenza voluta per la sottoportante.

Si è accennato già alla necessità che sussista un certo rapporto (per es. 6) tra la frequenza della sottoportante e la frequenza massima della modulazione, e ciò sia per la ragione già detta, inerente alla linea, sia per le seguenti considerazioni, inerenti al fac-simile:

a) se il rapporto fosse prossimo all'unità, un punto dell'immagine potrebbe esser visto o meno a seconda della sua posizione e dell'istante in cui viene esplorato, cioè a seconda della situazione attuale del disco forato;

b) con un rapporto molto basso non vi sarebbe possibilità di discriminare le variazioni di luce dovute ad una successione di punti chiari e scuri da quelle dovute alla successione dei fori del disco, né con un sistema elettrico (costante di tempo del rettificatore 6H6) né per l'inerzia del registratore (22). Infine,

c) se il rapporto fosse inferiore a 6 o a 5, una linea di separazione tra chiaro e scuro dell'immagine trasmessa sarebbe, in generale, riprodotta con un piccolo seghettamento poiché a ciascun

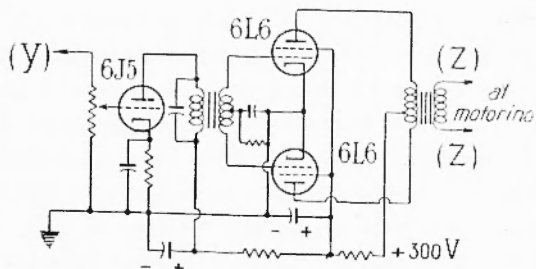


Fig. 4

giro del cilindro la linea sarebbe vista un po' prima o un po' dopo a seconda della posizione in cui ogni volta si trova il disco coi fori. Queste considerazioni d'altra parte devono esser ripetute per qualunque sistema di fac-simile utilizzante una sottoportante modulata, ed il rapporto 5 o 6 non è abbassabile.

Il sistema di ottenere una sottoportante modulata rendendo intermittente la luce si è mostrato più semplice e stabile del sistema di alimentare a corrente alternata a 3000 c/s la cellula: si ottiene inoltre una maggiore profondità di modulazione.

La profondità di modulazione, con neri completamente neri, risulta del 100%. In realtà in un punto così detto nero — per es. inchiostro di china o inchiostro da stampa — il coefficiente di diffusione non è zero, ma più di un decimo di quello di un punto bianco. In tal modo la profondità di modulazione massima non supera $180 \div 90\%$, e corrisponde alle vere variazioni di luce.

Il fatto che anche durante il nero la sottoportante non si annulli completamente è molto utile ed importante perché consente di utilizzarla per la sincronizzazione.

La sottoportante modulata uscente dalla fotocella va all'amplificatore (19) costituito da un tubo 6L6 sul cui circuito di placca è inserito il trasformatore d'accoppiamento con la linea o con il trasmettitore radio.

Il grafico della sottoportante modulata, come questa è prodotta dalla fotocella, è ovviamente quello di una corrente alternata modulata in ampiezza e rettificata. A ristabilire il valore medio nullo provvedono le costanti di tempo dell'amplificatore (19).

L'uscita dell'amplificatore è poi utilizzata anche per ricavare la corrente alternata necessaria al motorino (2).

A tale scopo la sottoportante modula-

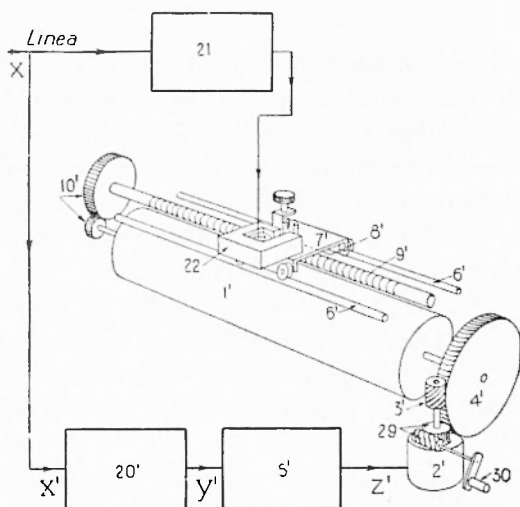


Fig. 5

ta viene amplificata, tagliata, derivata, demoltiplicata e sinusoidalizzata dal complesso (20). L'uscita di questo, a 300 c/s, è infine applicata all'amplificatore di potenza (5) che alimenta il motorino (2).

La fig. 2 mostra il circuito della fotocella e dell'amplificatore (19), la fig. 3 mostra il circuito del complesso (20), e la fig. 4 mostra infine il circuito dell'amplificatore (5).

Ricevitore. — L'apparecchio è schematizzato in fig. 5. Tutte le parti contrassegnate dai numeri con l'apice sono identiche a quelle corrispondenti del trasmettitore.

La linea o l'uscita del ricevitore radio è connessa al complesso 21: quando l'uscita del ricevitore subisce delle sensibili fluttuazioni di ampiezza, per es. a causa di evanescenze, è conveniente anteporre un compressore al complesso (21).

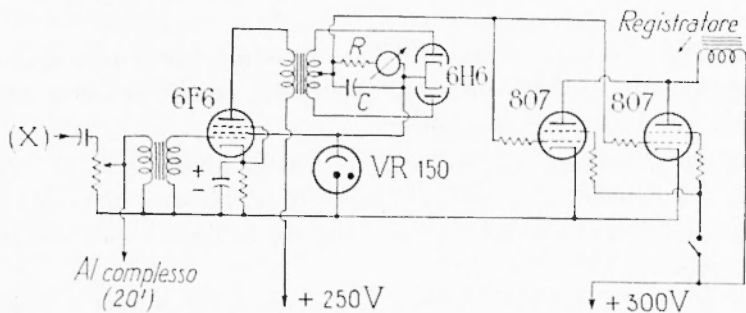


Fig. 6

Il complesso (21) è costituito da un amplificatore 6F6 la cui uscita è raddrizzata da un doppio diodo 6H6. La tensione così ottenuta è proporzionale all'intensità di luce che colpisce la fotocella. Questa tensione è applicata come polarizzazione negativa alle griglie di due tubi finali 807 in parallelo. Le griglie hanno già una polarizzazione base positiva di +150 volt. La corrente di placca dei tubi 807 attraversa la bobina del registratore (22).

Quando il punto dell'immagine da trasmettere attualmente esplorato è bianco, molta luce pulsante raggiunge la fotocella, e l'ampiezza della sottoportante modulata è grande, la tensione rettificata dal tubo 6H6 supera notevolmente 150 volt, e la differenza delle tensioni applicate alle griglie dei due tubi 807 è sufficiente a tenere questi all'interdizione. Nessuna corrente attraversa il registratore e questo non scrive.

Quando invece il punto esplorato è scuro, la luce pulsante che

colpisce la fotocella è poca, la sottoportante ha piccola ampiezza, la tensione rettificata dal tubo 6H6 è inferiore a 150 volt e la differenza delle tensioni applicate alle griglie dei tubi 807 sarebbe positiva se nella resistenza R del gruppo RC del rettificatore 6H6 non intervenisse la caduta di potenziale dovuta alla corrente delle griglie dei tubi 807. Tale caduta impedisce alle griglie stesse di diventare positive. In queste condizioni una forte corrente di placca attraversa il registratore il quale lascia una traccia sulla carta avvolta sul cilindro.

Le piccole resistenze sulle griglie dei tubi 807 evitano le oscillazioni parassite, mentre le resistenze sugli schermi impediscono alla corrente di superare valori che pregiudicherebbero la durata dei tubi.

In serie alla resistenza R del rettificatore è sistemato lo strumento indicatore di livello della sottoportante.

L'unica regolazione che l'operatore deve fare consiste nel dosare l'ingresso — una volta per sempre — in modo da portare l'indice dello strumento ad una determinata posizione, mentre viene trasmessa una porzione bianca dell'immagine.

Nella fig. 6 è mostrato il circuito del complesso (21).

Alla fine della registrazione, quando smette di arrivare la sottoportante, l'operatore può interrompere la corrente dei tubi 807 mediante l'interruttore sugli schermi.

Questa operazione può essere resa automatica disponendo un secondo tubo rettificatore della sottoportante, in cui il gruppo RC ha una costante di tempo di circa un minuto primo.

La tensione presa ai capi della resistenza è sottratta ad una forte polarizzazione negativa della griglia di un tubo 6F6 connesso a triodo, la cui corrente anodica traversa un relais che funziona da interruttore per gli schermi dei tubi 807. Venendo a mancare la sottoportante, resta la sola polarizzazione negativa che interdice il tubo e fa aprire il contatto al relais. Questo circuito non è rappresentato in figura.

Il registratore è mostrato in fig. 7.

L'ancoretta (23) si trova tra le espansioni polari del magnete (24). Ad un estremo dell'ancoretta si trova la pennina (25) mentre l'altro

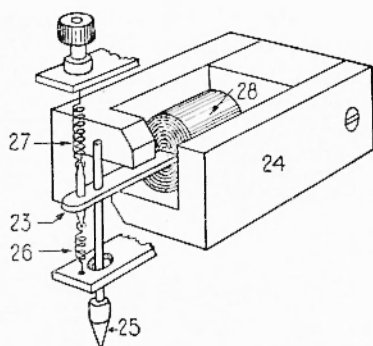


Fig. 7

estremo è vincolato mediante una barretta di torsione. Le mollette (26) e (27) mantengono l'ancoretta centrata tra le espansioni polari.

La bobina (28), percorsa dalla corrente anodica dei tubi 807, magnetizza l'ancoretta, la quale si abbassa e preme la pennina sulla carta, proporzionalmente alla corrente.

La pennina (25) è del tipo a sfera. È leggera, scorrevole e consente la riproduzione di più copie, avvolgendo sul cilindro più logli di carta ed interponendovi fogli di carta carbone. L'inchiostro usato è del tipo cosiddetto « invernale », cioè non densissimo.

Il cilindro del trasmettitore reca lungo una generatrice una fenditura entro la quale sono fermati i lembi del foglio sul quale è trac-

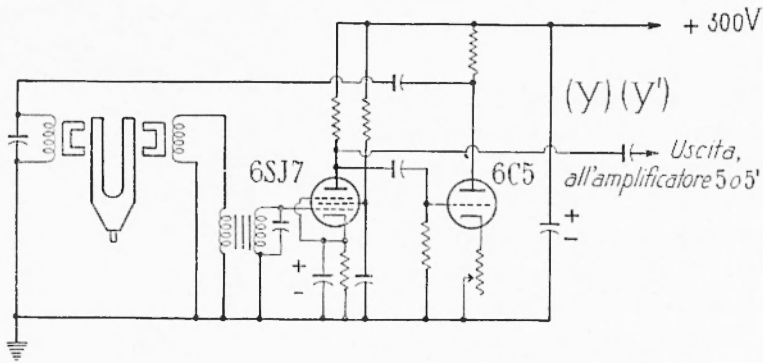


Fig. 8

ciata l'immagine da trasmettere. Il cilindro del ricevitore, uguale al primo, reca anch'esso una fenditura in cui sono fermati i lembi dei fogli bianchi alternati ai fogli di carta carbone. I due cilindri, oltre che in sincronismo, devono girare in fase. A questo scopo, lo statore del motore sinerono del ricevitore può esser fatto ruotare mediante la coppia (29) e la manovella (30) (vedere fig. 5). Quando il cilindro del trasmettitore gira, prima che si inizi l'esplorazione dell'immagine vera e propria, la cellula vede ad ogni giro la fenditura (lunga quando il cilindro) e sulla carta del cilindro del ricevitore il registratore marca una traccia corrispondente alla fenditura del trasmettitore. In generale la fenditura del cilindro del ricevitore e la traccia della fenditura di quello del trasmettitore non coincideranno: allora, girando la manovella (30) si sposta la fase fino ad ottenere la coinci-

denza. Per questa operazione occorrono pochi giri (meno di una decina) corrispondenti ad altrettanto pochi secondi e ad un avanzamento del carrello di un paio di mm; essa — come si è detto in principio — è resa possibile dal fatto che la registrazione è visibile, ed è tanto semplice che non si è ritenuto il caso di complicare le cose con un sistema di messa in fase automatica. Questo metodo presenta inoltre un certo vantaggio sui sistemi in cui si usa una messa in fase automatica iniziale, nel senso che è sempre possibile mettere in fase il ricevitore rispetto al trasmettitore, anche se si è perduto l'inizio della trasmissione o si è avuto un arresto.

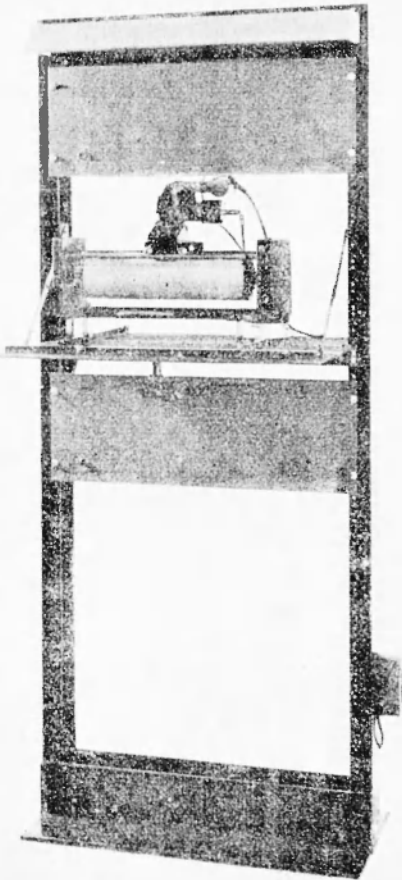


Fig. 9 (Foto Vasari)

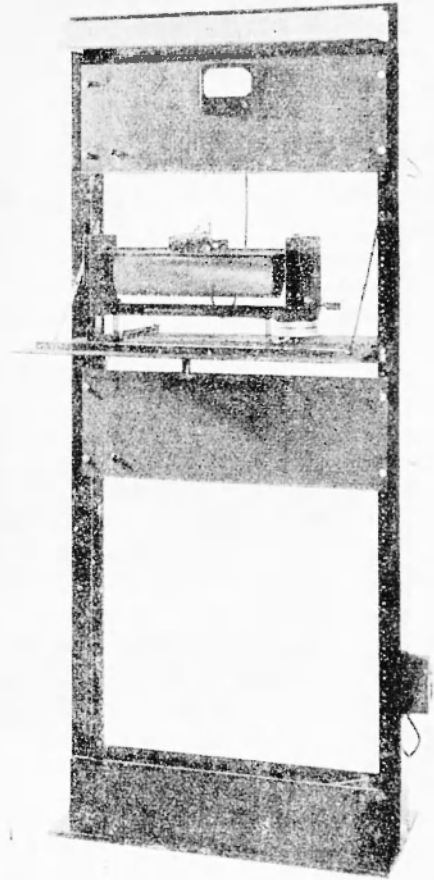


Fig. 10 (Foto Vasari)

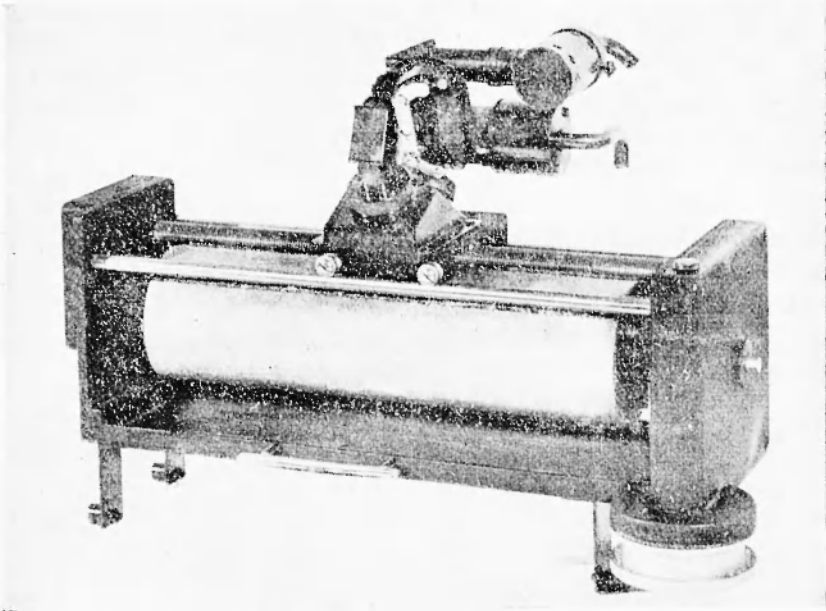


Fig. 11

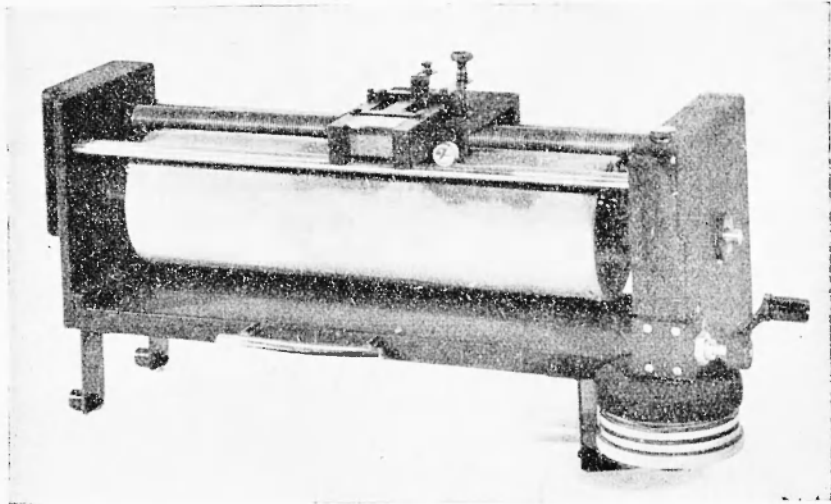
(Foto Vasari)

Fig. 12

(Foto Vasari)

Nella fig. 1 e nella fig. 5 sono rappresentati trasmettitore e ricevitore sincronizzati mediante la sottoportante. Desiderando effettuare la sincronizzazione mediante i diapason, questi sostituiscono i complessi (20) e (20').

Il circuito del diapason è mostrato in fig. 8.

Qualora si abbia un sistema centralizzato costituito da un solo

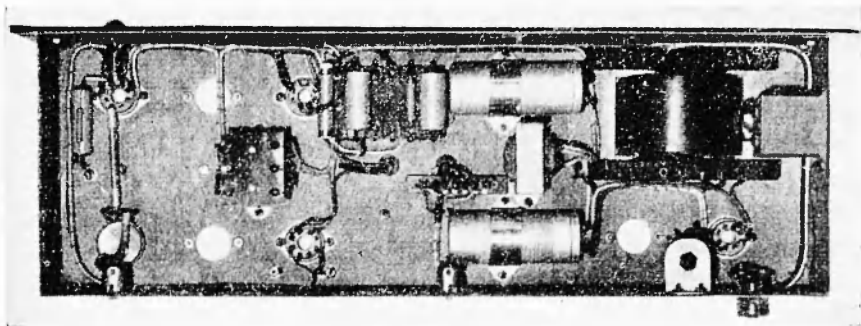


Fig. 13

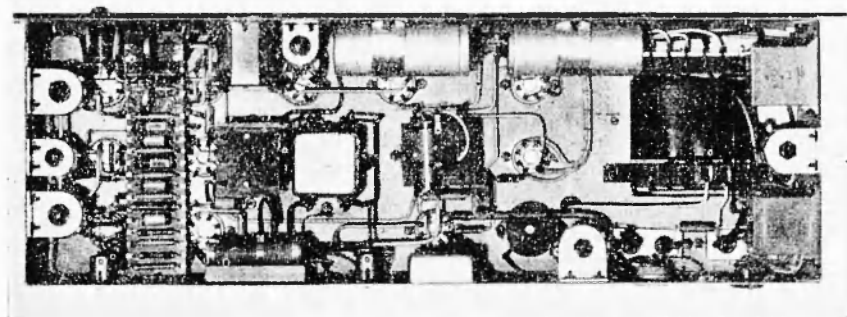
(Foto Vasari)

Fig. 14

(Foto Vasari)

trasmettitore e più ricevitori, può esser conveniente stabilizzare con diapason la frequenza che alimenta il motorino (15), fig. 1, del trasmettitore, stabilizzando così la frequenza della sottoportante, e scegliere per ciascun ricevitore, caso per caso, la sincronizzazione mediante la sottoportante o la sincronizzazione indipendente con il diapason, la prima essendo però quasi sempre preferibile.

Considerazioni sul segno della modulazione. — E noto che la modulazione può essere positiva o negativa, intendendosi positiva

quando si ha il massimo dell'ampiezza in corrispondenza ad un nero (ed il minimo durante il bianco) e negativo quando il massimo corrisponde ad un bianco (ed il minimo durante il nero). Questa definizione del segno è opposta a quella in uso nella televisione. Per il sistema di fac-simile descritto si è scelta la modulazione negativa in base alla considerazione che è più fastidioso un punto nero, corrispondente ad un impulso-disturbo, sul bianco che un punto bianco sul nero, e soprattutto che in questo modo vi è molta maggior probabilità che il disturbo sia evitato, dato che in qualunque grafico, scritto, carta meteorologica, ecc. è sempre maggiore l'area bianca di quella nera.

Il prototipo sperimentale dell'apparecchio è stato costruito nell'Istituto Nazionale di Geofisica.

Le fotografie mostrano il complesso trasmettente e ricevente nella edizione di serie, i particolari dell'analizzatore e del registratore, l'amplificatore dei motorini ed il trasmettitore visti da sotto. Le fotografie sono state cortesemente fornite dalla Ditta O.C.E.M. costruttrice delle apparecchiature stesse.

Roma — Istituto Nazionale di Geofisica — Agosto 1949.

RIASSUNTO

Viene descritto un sistema di fac-simile con registrazione elettromeccanica, in modo da ottenere: a) scrittura visibile durante la registrazione; b) più copie registrate contemporaneamente; c) eliminazione di processi preparatorii o successivi alla registrazione. Si è potuto utilizzare questo tipo di registrazione, nonostante una certa inerzia del sistema scrivente, in quanto le linee telefoniche pongono già dei limiti più stretti alla velocità massima di modulazione.

Le dimensioni massime delle immagini trasmesse sono di 250×300 mm. L'analisi è effettuata a quattro linee per mm. L'immagine viene trasmessa in 20 minuti. La massima frequenza di modulazione della sottoportante non supera 3500 c/s. La sincronizzazione del ricevitore è ottenuta utilizzando la stessa sottoportante.