

PERFEZIONAMENTI APPORTATI AD UN APPARATO FAC-SIMILE

MARCO FRANK

In un precedente articolo ⁽¹⁾ veniva descritto un apparato facsimile per la riproduzione di carte meteorologiche. La caratteristica principale di questa apparecchiatura era rappresentata dal fatto che la sottoportante forniva al ricevitore sia l'informazione relativa all'immagine, mediante la sua modulazione d'ampiezza, sia l'informazione concernente la velocità di rivoluzione del cilindro su cui è avvolto il documento da trasmettere. Infatti nell'analizzatore vi era un oscillatore che produceva una frequenza di 300 c/s. La tensione a 300 c/s alimentava, attraverso adatti amplificatori di potenza, sia il motore sincrono del cilindro, sia un motore sincrono collegato ad un disco recante una serie di fori o di tagli presso il bordo. Il disco, interposto tra la sorgente luminosa e l'immagine da trasmettere, girando intercettava periodicamente il raggio di luce. La luce intermittente, diffusa dal punto esplorato, era raccolta da una fotocellula la cui uscita costituiva direttamente la sottoportante modulata; la frequenza della sottoportante era pertanto collegata alla velocità di rotazione del cilindro.

Nel registratore la sottoportante, dopo una prima amplificazione, era inviata sia ad un demodulatore e ad un complesso elettromeccanico scrivente, sia ad un limitatore che sopprimeva le fluttuazioni dovute alla modulazione. La tensione rettangolarizzata dal limitatore sincronizzava una serie di divisori a multivibratore che dividevano la frequenza della sottoportante fino a riottenere i 300 c/s, con i quali veniva alimentato un motore sincrono che faceva girare il cilindro sul quale avveniva la registrazione.

Questa apparecchiatura, nonostante i suoi numerosi difetti, consentì un collegamento giornaliero per 60 giorni su 60 di prova, su una linea telefonica di una quindicina di km.

I principali difetti inerenti al sistema di sincronismo erano i seguenti:

⁽¹⁾ *Annali di geofisica*, vol. II, n. 4, 1949, pagg. 532-544.

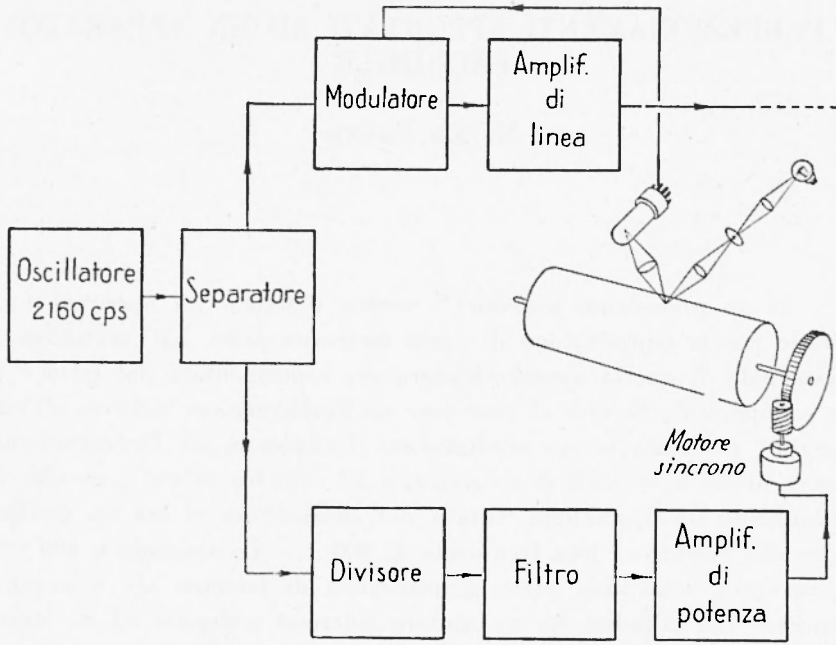


Fig. 1

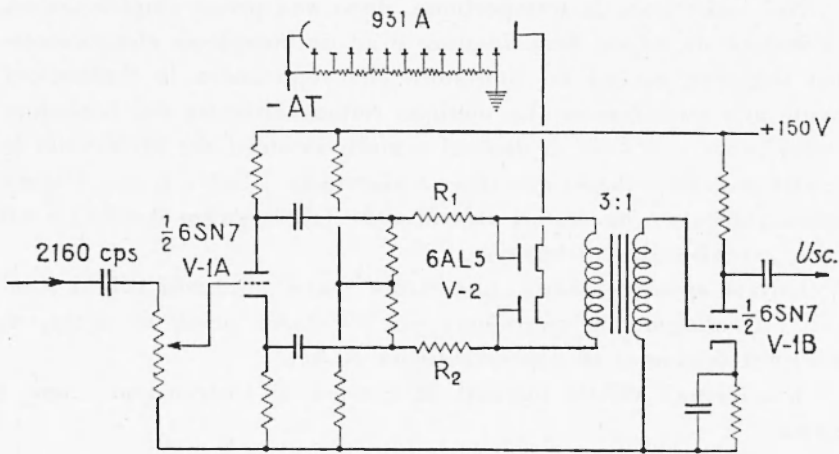


Fig. 2

1) Non è possibile effettuare una modulazione d'ampiezza senza introdurre contemporaneamente una modulazione di fase, per cui la divisione della frequenza effettuata dai multivibratori si fa tanto più critica quanto più alta è la percentuale di modulazione. La divisione fu effettuata anche con circuiti contatori, ma comunque le fluttuazioni di fase, anche se piccole, influivano sul motore sincrono riducendo la qualità dell'immagine registrata.

2) Una linea di trasmissione, quale un cavo telefonico, introduce

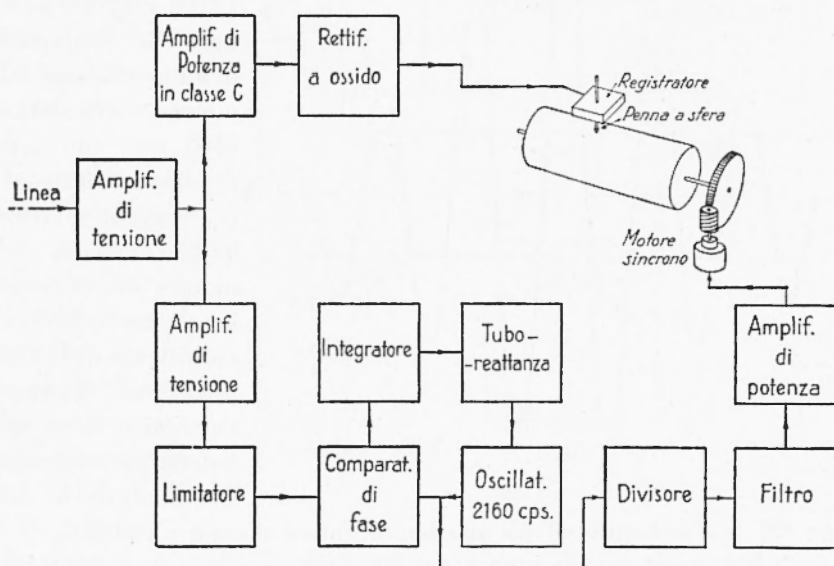


Fig. 3

una distorsione di fase che comporta lo stesso inconveniente sopra lamentato.

3) La trasmissione via radio di un'immagine era impossibile in quanto per ogni disturbo o interruzione, anche brevissima, il divisore ed il motore sincrono perdevano la fase, e la registrazione si arrestava.

D'altra parte l'assoluta assenza di distorsione nella registrazione, la possibilità di costruire l'apparecchiatura con materiale corrente, ed il continuo progresso nei collegamenti consigliarono di sviluppare questo sistema di sincronismo, per eliminarne i principali difetti, senza per questo abbandonare definitivamente il sistema di sincroni-

smo mediante diapason, al quale spettano prerogative notevolissime, a cui si accennerà più avanti in questo articolo.

In base alle considerazioni esposte, si sono ridisegnati i circuiti, pervenendo alle attuati apparecchiature.

Analizzatore. — Lo schema a blocchi dell'analizzatore è rappresentato in fig. 1.

In questa apparecchiatura si è preferito partire dalla frequenza

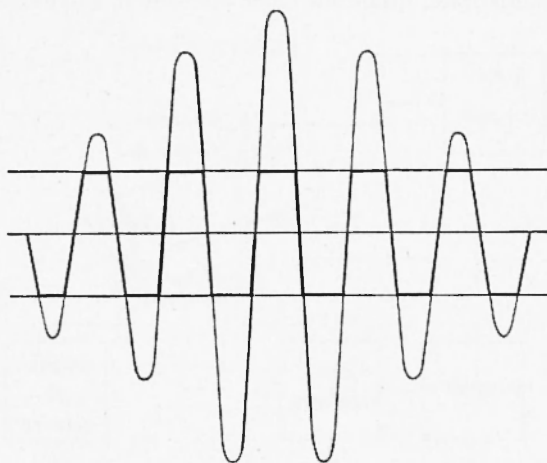


Fig. 4

della sottoportante (2160 c/s), ed ottenere la frequenza di alimentazione del motore sincrono (360 c/s) con una divisione elettronica, anziché partire dalla frequenza del motore ed ottenere la sopportante con un sistema di moltiplicazione elettromeccanico come nel sistema precedente. L'oscillatore è del

tipo *RC*, a sfasamento ed ha una buona forma d'onda e stabilità.

È da notare che in questo sistema di sincronismo la stabilità di frequenza di questo oscillatore non ha particolare importanza, in quanto una variazione relativa della frequenza influenza nella stessa misura percentuale sia la velocità di rivoluzione del cilindro dell'analizzatore che quella del cilindro del registratore.

La frequenza di 2160 c/s è stata scelta come segue: si è partiti dalla frequenza di 2700 c/s, considerabile come la frequenza di taglio di molte linee telefoniche, si è sottratta la banda di frequenze corrispondente ai segnali dell'immagine, e si è ottenuto così un valore di circa 2100 c/s.

Si è scelta allora la frequenza di 2160 c/s, prossima al valore di 2100, che rappresenta il sesto multiplo di 360 c/s, frequenza adatta ad alimentare il motore sincrono, dato il numero di poli di questo, il rapporto di trasmissione tra motore e cilindro, e la velocità di rivoluzione richiesta per quest'ultimo (1 giro sec.).

Essendosi tenuta la frequenza della sottoportante nella parte più alta della gamma delle frequenze telefoniche, resta una zona inferiore utilizzabile per telescriventi o per una comunicazione telefonica di cattiva qualità, ma ancora comprensibile.

La tensione prodotta dall'oscillatore va ad un doppio triodo che funziona da separatore per impedire che impulsi a 360 c/s prodotti dal divisore possano entrare nella modulazione. L'uscita di uno dei triodi va al modulatore, l'altra va al divisore. Lo schema del modulatore è rappresentato in fig. 2.

Il triodo *V-1A* (1/2 6SN7) serve a passare da una tensione monofase a c/s ad una tensione in controfase, necessaria al modulatore. In questo è impiegato un doppio diodo *V-2A* e *B* (6AL5).

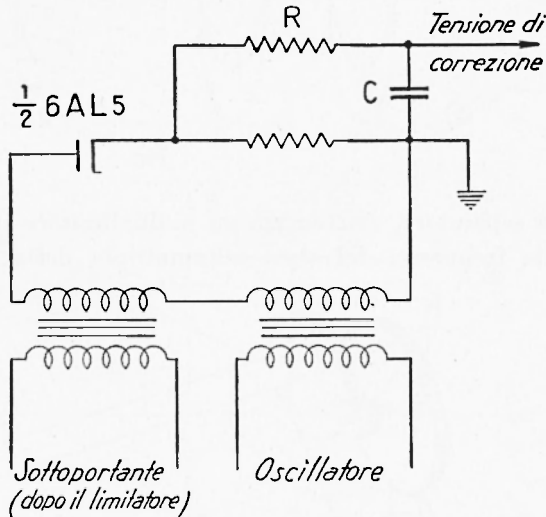


Fig. 5

Quando il fotomoltiplicatore (931 *A*) non è illuminato, la placca di questo si trova circa al potenziale di cresta (positivo) delle placche del doppio diodo e non assorbe sensibile corrente. Pertanto nelle resistenze *X* di placca dei due diodi (*R-1* ed *R-2*) non si ha altra caduta che quella (trascurabile) dovuta al carico del primario del trasformatore. Viceversa quando il fototubo è illuminato, tra la placca e l'ultimo dinodo si ha una resistenza ρ piuttosto bassa. Considerando per approssimazione sia infinita, e che l'indipendenza del primario del trasformatore, detta *E* la tensione tra placca e catodo del triodo *V-1 A*, la tensione ai capi del primario è quindi ancora *E* quando il fototubo non è illuminato, e si riduce ad $E\rho/(R + \rho)$ quando il fototubo è illuminato; il rapporto $\rho/(R + \rho)$ risulta di circa 0,15 quando è esplorato un punto bianco dell'immagine. Con questo modulatore si realizza pertanto una profondità massima di modulazione dell'85% circa.

La sottoportante modulata è successivamente amplificata dal triodo

do *V-1 B* (1/2 6SN7) e dal tetrodo *V-3* (6AQ5). L'uscita di questo è inviata sulla linea.

La tensione a 2160 c/s prodotta dall'oscillatore, attraverso il trio-

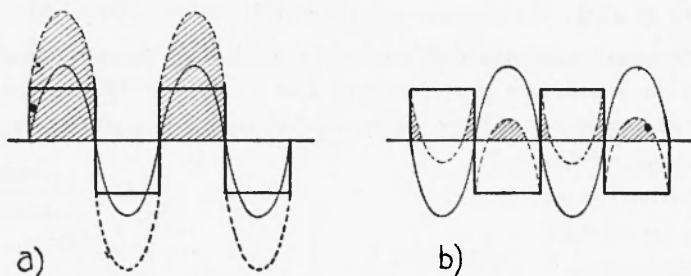


Fig. 6

do separatore, sincronizza un multivibratore il quale fornisce impulsi alla frequenza del sesto sottomultiplo della frequenza di 2160 c/s,

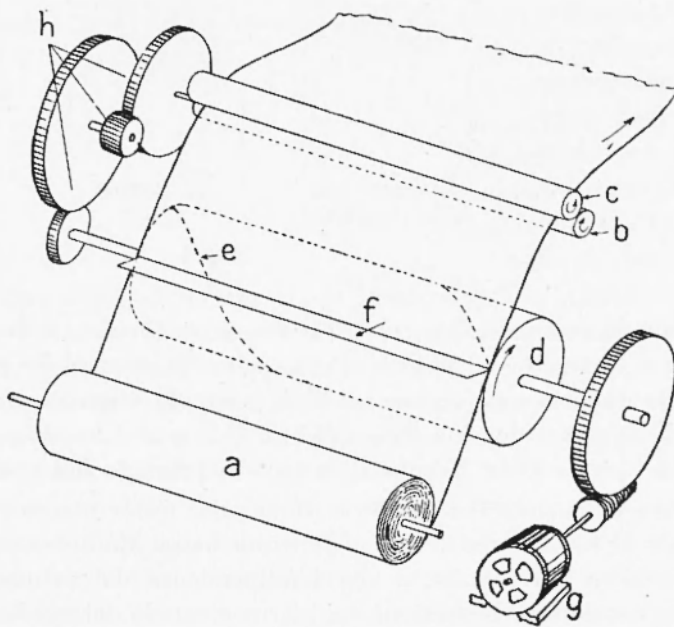


Fig. 7

ossia a 360 c/s. Quest'ultima frequenza è filtrata ed inviata ad un amplificatore di potenza la cui uscita alimenta il motore sincrono.

Questo, che ha dieci coppie polari, fa 36 giri/sec.

Il cilindro sul quale è avvolto il documento da trasmettere, è

comandato da un motore con un rapporto 36/1, per cui compie una rivoluzione al secondo.

Un tubo a raggi catodici, alimentato dalla stessa alta tensione che alimenta il fotomoltiplicatore, permette un controllo della divisione mediante una figura di Lissajous ottenuta applicando come asse X una tensione a 360 c/s, e come asse Y una tensione a 2160 c/s. Con un commutatore è possibile portare come asse X una tensione a

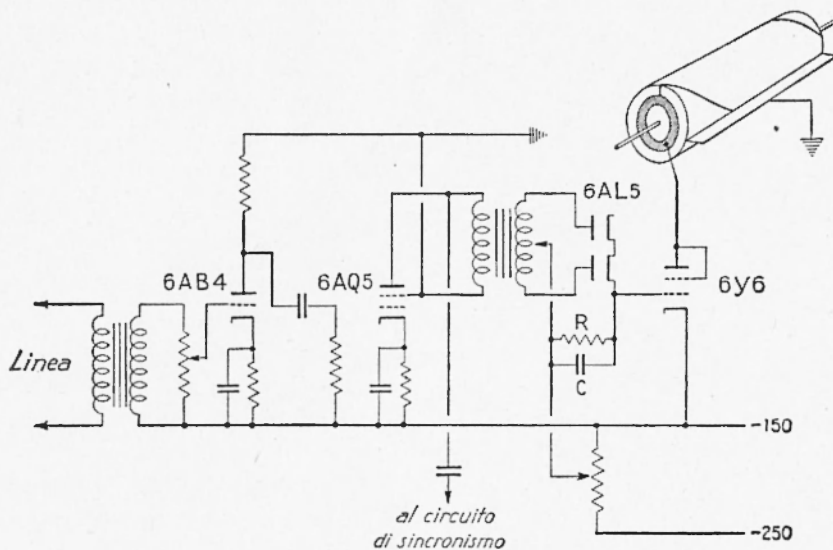


Fig. 8

frequenza di rete, e come asse Y la sottoportante modulata, ed ottenere così un controllo della modulazione inviata sulla linea.

Registratore. — Lo schema a blocchi del registratore è rappresentato in fig. 3. La sottoportante modulata è amplificata e successivamente viene utilizzata sia per la registrazione, sia per il sincronismo. Come si è visto, la modulazione è negativa nel senso televisivo, cioè il massimo di ampiezza corrisponde al nero, ed il minimo al bianco. Pertanto in un amplificatore di potenza, opportunamente polarizzato, al bianco corrisponde un'uscita nulla, ed al nero un'uscita massima.

L'uscita di questo amplificatore, costituito da due 6L6 in controfase è raddrizzata mediante un rettificatore ad ossido per le due semionde, ed applicata alla bobina mobile di un altoparlante magnetodinamico che porta la penna a sfera in luogo della membrana.



Fig. 9

La penna sfiora il cilindro su cui è avvolta la carta per la registrazione. Come nel tipo precedente, oltre ad una prima copia a penna si può avere un certo numero di copie con carta carbone, oppure

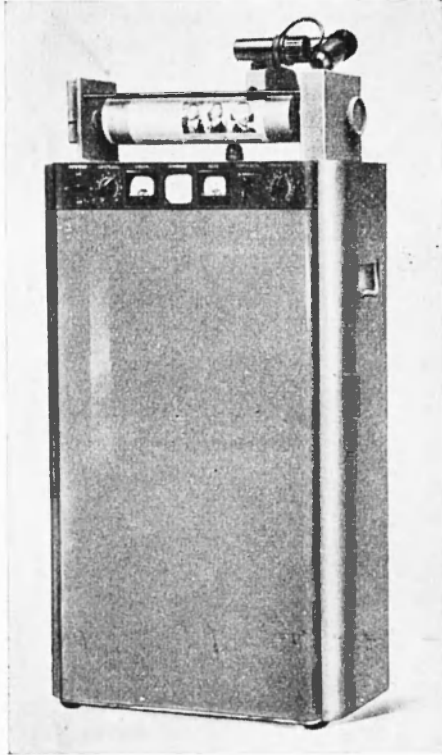


Fig. 10

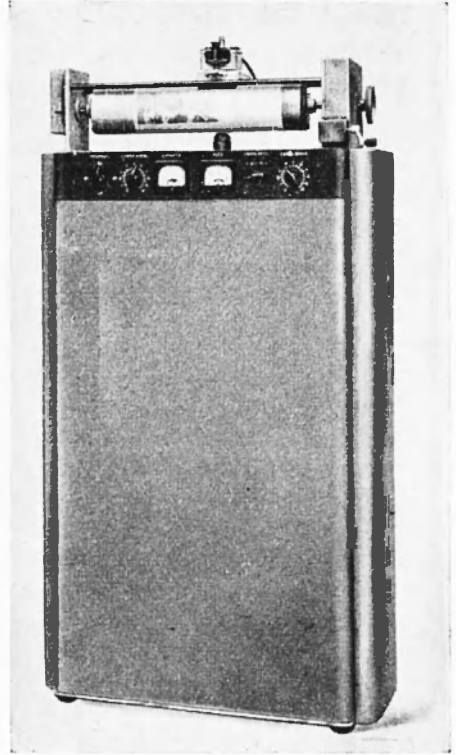


Fig. 11

una matrice ottenuta con carta carbone copiativa, per ciclostile ad alcool.

Per quanto riguarda il sincronismo, la sottoportante, dopo essere stata ulteriormente amplificata, è inviata ad un limitatore che ne lascia passare solo una ristretta porzione centrale (fig. 4).

La tensione così ottenuta va al comparatore di fase, il cui schema è rappresentato in fig. 5. A questo comparatore, oltre alla tensione rettangolare della sottoportante, è applicata l'uscita sinusoidale di un oscillatore.

La fig. 6 A mostra l'oscillogramma della tensione applicata alla placca del diodo rettificatore (linea punteggiata) quando le due ten-

sioni corrispondenti alla sottoportante ed all'oscillatore sono in fase.

La tensione all'uscita dell'integratore RC della fig. 5 è proporzionale all'area tratteggiata, costituendone il valor medio.

Quando le due tensioni sono in opposizione di fase (fig. 6 B), l'area è molto minore, e l'uscita dell'integratore è altrettanto ridotta.

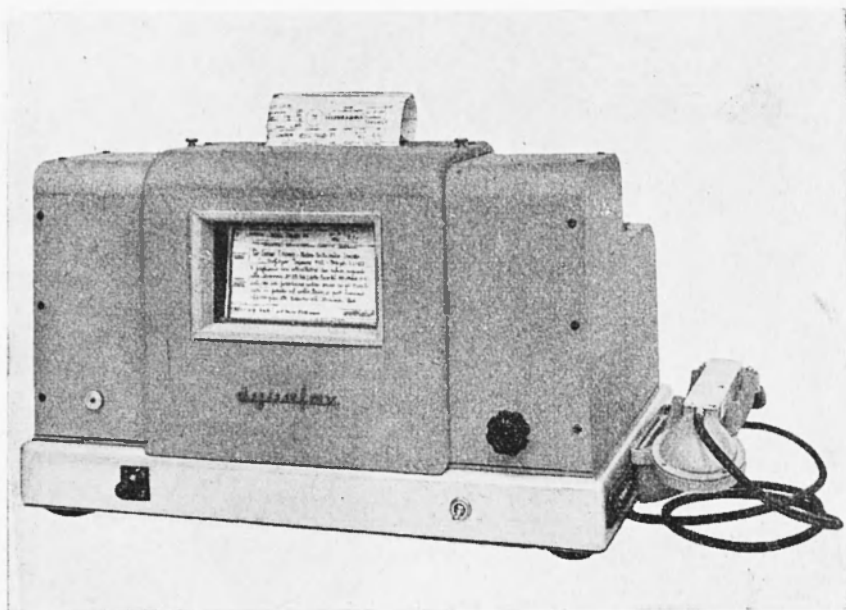


Fig. 12

A condizioni intermedie della relazione di fase corrispondono uscite intermedie.

In parallelo al circuito oscillante dell'oscillatore è connesso un tubo reattanza ($6L7$), a cui è applicata la tensione di correzione fornita dal comparatore di fase. La tensione dell'oscillatore è in ritardo rispetto alla tensione della sottoportante. Se la frequenza dell'oscillatore tende ad aumentare rispetto alla frequenza della sottoportante, il ritardo diminuisce, la tensione di correzione ai capi di C , prodotta dal comparatore cresce, la reattanza (capacitiva) del tubo cresce e la frequenza si mantiene così allo stesso valore della frequenza della sottoportante. Analogo processo (inverso) avviene se la frequenza dell'oscillatore tende a diminuire rispetto alla frequenza della sottoportante.

È da notare che questo sistema è largamente usato in ogni caso

in cui sia necessario il controllo automatico di una frequenza: ma la particolarità di questa applicazione risiede in ciò: la costante di tempo RC è dimensionata in modo tale non solo da essere grande rispetto al periodo, ma ha il valore più grande possibile (circa 0,1 sec.) compatibilmente con la necessità che la tensione di correzione possa seguire le fluttuazioni relative tra le frequenze prodotte dai due oscillatori, rispettivamente posti nell'analizzatore e nel registratore.

Infatti l'integratore, oltre a completare il circuito del comparatore di fase ed a costituire il necessario filtro passa-basso, ha l'importante funzione di « parastrappi » e di « volano », cioè assorbe eventuali brevi interruzioni e disturbi della sottoportante, mantenendo costante la relazione tra la fase dell'oscillatore del registratore e la fase media della sottoportante.

La frequenza dell'oscillatore del registratore è inviata ad un moltiplicatore il quale divide la frequenza suddetta per 6, come nell'analizzatore, ottenendosi così la frequenza di 360 c/s. La tensione a 360 c/s, resa sinusoidale con un filtro, alimenta, attraverso un amplificatore di potenza, il motore che fa ruotare il cilindro del registratore. Sia in questo, sia nell'analizzatore, sono stati montati, coassialmente ai motori sincroni, dei motori monofase ad induzione, asincroni, i quali hanno lo scopo di avviare e portare alla velocità di sincronismo i motori sincroni, e di fornire la coppia necessaria per far girare i cilindri. La funzione dei motori sincroni si riduce quindi a quella di ruote foniche regolatrici della velocità di rivoluzione.

Oltre al registratore elettromeccanico, si è costruito un registratore utilizzante un foglio continuo di carta elettrochimica umida.

Il registratore a carta continua è schematicamente rappresentato in fig. 7.

La carta elettrochimica è avvolta su un rullo (a) e si svolge lentamente trascinata da un rullo gommato (b) sul quale è premuta da un altro rullo gommato (c).

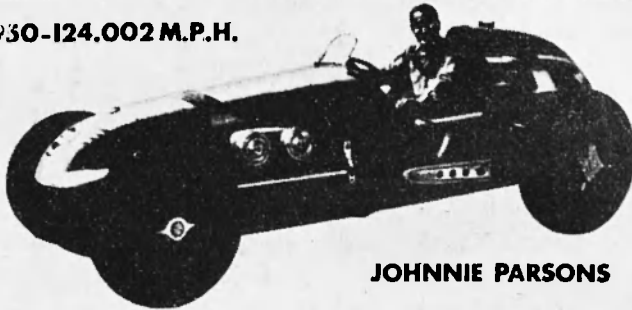
Il rullo (a) della carta è racchiuso in un ambiente il più possibile a tenuta per ridurre l'evaporazione della carta, la quale deve avere un determinato grado di umidità. La carta esce dall'ambiente suddetto attraverso una fenditura con bordi guarniti di gomma. Questi ultimi esercitano una leggera azione frenante sulla carta, la quale in tal modo aderisce sulla superficie di un cilindro di cartone bachelizzato (d), sul quale è avvolto ad elica un filo metallico (e). Nella

TRASMESSO MEDIANTE FAXSINTE DYNAFAX *Com Roma, 27-VI-1952*

E OF CHAMPIONS

7 CONSECUTIVE INDIANAPOLIS RACES HAVE BEEN WON ON Firestone TIRES

1930-124.002 M.P.H.



JOHNNIE PARSONS

THE Indianapolis Race is America's greatest speed classic—200 times around a 2½ mile brick and asphalt track, with four banked turns. It is more than a stunt—more than a breath-taking spectacle of speed—it is a practical, torturous test of new engineering developments before

they are adopted for regular production. Authorities say that 500 miles on the speedway are equal to 50,000 miles of ordinary driving... 5 years of average service crowded into less than 4½ hours!

For many years, every driver in the race has bought Firestone Tires,

because no driver is willing to risk a life or chance of victory on anything less than the safest tires that money can buy. Remember that fact next time you buy tires. Protect your life and the lives of others by equipping your car with a set of no. Firestone Tires.



1929 97.58 M.P.H.
RAY KEECH



1928 95.42 M.P.H.
LOUIS MEYER



1927 97.54 M.P.H.
GEORGE SOUDERS



1926 95.88 M.P.H.
FRANK LOCKHART



1921 89.62 M.P.H.
TOMMY MILTON



1920 88.55 M.P.H.
GASTON CHEVROLET



1913 74.92 M.P.H.
JULES GOUX



1911 74.59 M.P.H.
RAY HARRO

Fig. 13

fig. 7 la carta è stata disegnata trasparente. Sopra la carta è poggiata, di taglio, una barretta (f) di ferro (o di altro metallo, a seconda della qualità della carta usata).

Per mezzo del motore sincrono (g) accoppiato ad un motore asincrono il cilindro (d) è fatto ruotare alla medesima velocità di rivolu-

zione del cilindro sul quale è avvolto il documento da trasmettere nell'analizzatore. Il moto del cilindro con l'elica (d) è trasmesso al cilindro d'avanzamento (b) attraverso una serie di ingranaggi riduttori (h).

Si vede chiaramente che, se il cilindro con l'elica (d) gira nel senso indicato dalla freccia, il punto d'intersezione tra l'elica e la sbarretta si sposta con moto uniforme da sinistra a destra, per ritornare « a capo » ad ogni giro del cilindro. Se fosse applicata una differenza di potenziale di $30 \div 40$ volt tra la sbarretta (+) e l'elica (—), la carta che si trova tra l'elica e la sbarretta si annerirebbe lungo una riga trasversale. Dato il moto di trascinamento imposto dal cilindro d'avanzamento (b), questa riga risulta leggermente inclinata rispetto al bordo della sbarretta; quando il cilindro con l'elica effettua un giro successivo, viene tracciata un'altra riga parallela alla prima, e così via.

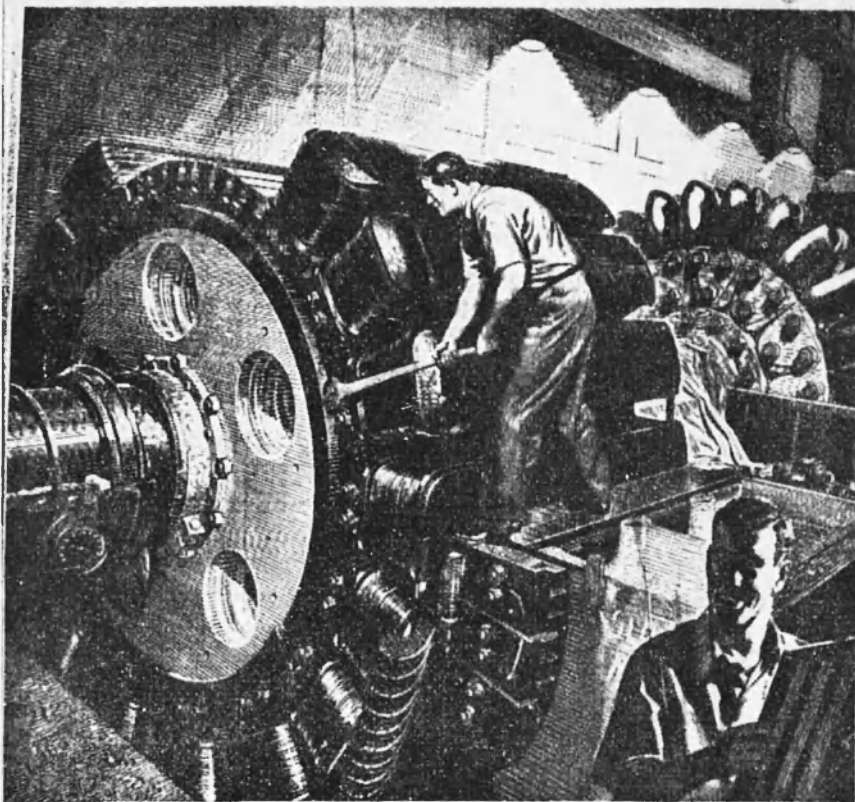
Ovviamente tra la sbarretta e l'elica non viene applicata una differenza di potenziale continua altro che nel caso in cui si debba registrare un'immagine completamente nera. In generale sarà applicata una differenza di potenziale variabile tra 0 e 35 volt, in funzione della tinteggiatura del punto corrispondente esplorato in quel momento dall'analizzatore. La larghezza della sbarretta corrisponde allo sviluppo del cilindro dell'analizzatore, e l'avanzamento della carta corrisponde all'avanzamento del carrello su cui è montata la lampada eccitatrice e la fotocellula.

Ove non sia richiesto per ragioni particolari, non è necessario che la registrazione avvenga alla stessa scala del documento originale trasmesso: in generale anzi è conveniente una riduzione del formato, poiché nella registrazione le righe sono assai sottili ed apparirebbero separate se la loro distanza fosse maggiore di $1/4$ di mm. circa, mentre il documento da riprodurre può essere esplorato con una finezza inferiore, al fine di ridurre la banda di frequenza occupata ed il tempo necessario alla trasmissione di un documento di determinata superficie, pur senza ridurne sensibilmente la chiarezza.

Il circuito del registratore a carta preparata è rappresentato nella fig. 8.

La sottoportante modulata è amplificata in tensione ed in potenza rispettivamente dai tubi 6AB4 e 6AQ5, e successivamente viene demodulata dal doppio diodo 6AL5. La tensione (positiva) che si ricava ai capi della resistenza R è sovrapposta alla tensione negativa

TRASMESSO VEDIANTE DYNAFAX "Ocom, roma Repubblica"



A flowing stream might determine

YOUR FUTURE PROGRESS



The Standard of Excellence
THROUGHOUT THE WORLD...
IN INDUSTRY AND HOME

Vital electricity often begins with a swift flowing stream, a waterfall, or a lake at high elevation. The future progress of your country might well be determined by natural water power converted into valuable electric power by the General Electric Company.

The giant water-wheel generator pictured during assembly is a typical example of how General Electric helps many countries produce electricity economically without using irreplaceable resources. A hydro-electric installation launches every year within reach of an economical current—the factory owner

with hundreds of great machines, a keeper with a single operating unit, it owns enjoying many electric apt.

However you use electricity, reach the leader in electrical machinery and manufacturing and you will Electric products for all times are available everywhere. Inter- General Electric Co., Inc., New York

GENERAL ELECTRIC
U.S.A.

Fig. 14

di polarizzazione della griglia della 6Y6 connessa a triodo. In tal modo, in assenza di sottoportante, o con il minimo di ampiezza di questa (bianco), la 6Y6 è interdotta e non si ha passaggio di corrente attraverso la carta, che resta bianca. Quando la tensione rettificata, sovrapposta alla tensione di polarizzazione della 6Y6 sblocca questo tubo, la carta risulta annerita tanto più quanto meno negativa è la griglia.

La resistenza della carta umida, tra la spirale e la barretta, è dell'ordine di un migliaio di ohm, e l'annerimento completo si ha quando la carta è attraversata da una carica di circa 100 μ Coulomb.

Considerazioni generali sui sistemi di sincronismo. — Le apparecchiature descritte, costruite in piccola serie dalla ditta Ocem di Roma (1), sono state terminate (ad esclusione del registratore a carta elettrochimica continua, più recente) nel gennaio del 1951.

Da allora, con le suddette apparecchiature, sono state fatte molte prove di trasmissione via filo e via radio in *VHF* ed *HF*. Inoltre sono state costruite altre apparecchiature utilizzando la stessa rete di distribuzione dell'energia elettrica per il sincronismo, con partenza ed arresto completamente automatici, ed è stato sviluppato uno studio accurato per la costruzione di diapason bimetallici.

In base a questo complesso di esperienze lo scrivente è giunto alla conclusione che, quando si debba stabilire una comunicazione tra due punti abbastanza ben collegati (per es. via cavo o via radio *VHF*), come accade nella maggior parte dei casi pratici, e le reti di alimentazione siano a frequenze differenti, il sistema di sincronismo con utilizzazione della sottoportante possa trovare applicazioni veramente interessanti.

Del resto questo sistema ricorda molto i più recenti sistemi di sincronismo impiegati nella Televisione ed inoltre si può ritenere che delle apparecchiature basate su questo sistema, qualora potessero essere studiate per una effettiva produzione in serie, sarebbero sensibilmente più economiche di quelle con sincronismo a diapason. La fig. 9 mostra una registrazione ottenuta in condizioni particolarmente sfavorevoli: la trasmissione è stata effettuata su onda di 60 metri circa; l'interferenza è stata prodotta da un impianto a raggi X del tipo « Trabacchi-Corbino » funzionante in un locale attiguo a quello in cui si trovava il ricevitore: il rapporto segnale disturbo era inferiore a — 20

(1) di Astegiano Mario & C.

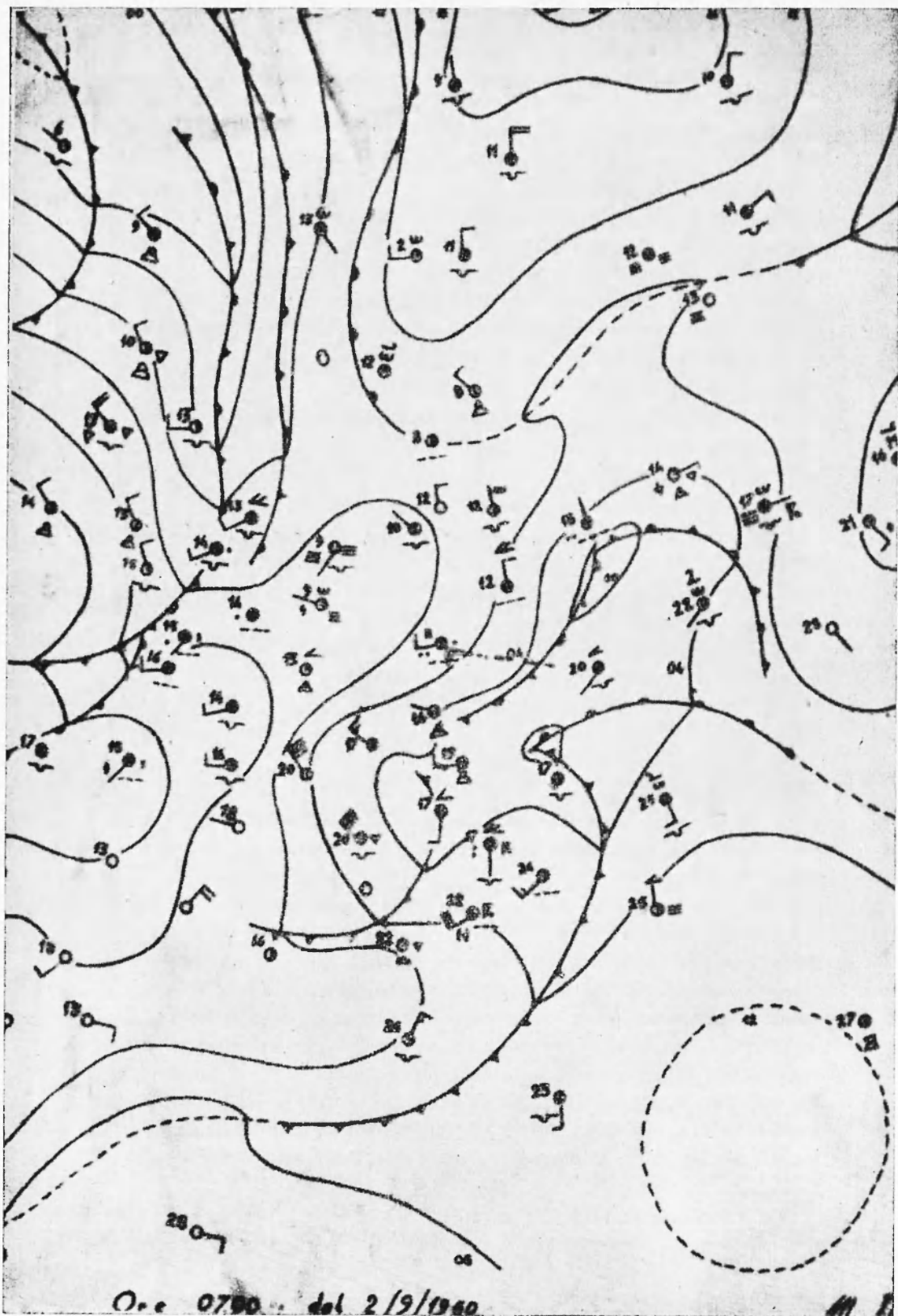


Fig. 15

dlb circa, ciò nonostante il sincronismo si è mantenuto. Il registratore era del tipo elettromeccanico.

Per contro, il sistema attuale ha a suo svantaggio l'inconveniente di non poter essere adoperato in trasmissioni con Frequency Shift, in quanto queste ultime apparecchiature non si prestano ad utilizzazioni di tipo telefonico.

Qualora sia possibile alimentare le apparecchiature fac-simile mediante reti di distribuzione dell'energia elettrica aventi la medesima frequenza, è ovvio che l'utilizzazione della rete stessa per il sincronismo costituisce il sistema più logico, sicuro ed economico: dato che in un tempo più o meno prossimo si dovrà arrivare alla sincronizzazione di tutte le reti nazionali, questo sistema di sincronismo dovrà costituire il sistema dell'avvenire nelle comunicazioni tra punti fissi; non potrà però ovviamente essere utilizzato per apparecchiature mobili.

Un'ottima soluzione del problema sia dal punto di vista tecnico, sia dal punto di vista commerciale, consiste senza dubbio nella costruzione di apparati adatti al funzionamento con sincronismo mediante la rete, utilizzando piccoli motori asincroni sincronizzati, e nella costruzione di unità separate costituite da un oscillatore a frequenza stabilizzata a diapason, una sequenza di divisori per ottenere una frequenza adatta al funzionamento di tali motori (50 o 60 c/s) — è da notare che diapason a frequenza molto bassa non garantiscono sufficiente stabilità — e da un amplificatore di potenza adatto all'alimentazione del motore. Tali unità saranno impiegate in ogni occasione in cui nei due punti tra i quali si deve effettuare la trasmissione di immagini non si dispone della stessa rete o di reti sincronizzate.

In un prossimo articolo ci si ripromette la descrizione di un'apparecchiatura costruita secondo tale criterio.

La fig. 10 è la fotografia dell'analizzatore. La parte posteriore del mobile porta due bordi con fori filettati, in modo da costituire un telaio normalizzato. La parte elettronica che vi è allogata, occupa solo la parte superiore del telaio, ed è alta 31 cm.

Inferiormente possono trovar posto altre apparecchiature, quali radiotrasmettitori per ponti radio, amplificatori, modulatori ecc.

La fig. 11 è la fotografia del registratore. Il mobile è costruito con lo stesso criterio del mobile dell'analizzatore. Lo chassis del registratore ha le stesse dimensioni dello chassis dell'analizzatore.

La fig. 12 rappresenta un tipo di registratore a carta continua, completamente automatico, di dimensioni ridotte.

Le altre fotografie rappresentano dei campioni di immagini trasmesse (via cavo telefonico): la riproduzione in fig. 13 ha dimensioni lineari $\frac{1}{2}$ della registrazione originale e la riproduzione in fig. 14 è circa $\frac{2}{3}$ dell'originale. La fig. 15 ha la stessa scala della registrazione originale: la cartina meteorologica trasmessa era disegnata su carta lucida.

Disegni, schemi e fotografie sono stati cortesemente forniti dalla ditta OCEM.

Tengo molto a ringraziare l'Ing. Enzo Cambi per tutti i preziosi consigli e per le numerose discussioni chiarificatrici.

RIASSUNTO

Sono descritti alcuni perfezionamenti apportati ad un apparato per le trasmissioni di immagini. I perfezionamenti riguardano particolarmente il sistema di sincronismo tra analizzatore e registratore. Si aggiungono alcune considerazioni relative alla scelta di un sistema di sincronismo.

SUMMARY

Some refinements pertaining to an apparatus for the transmission of images are described. These refinements apply particularly to a method of synchronizing the analyzer and detector. Various considerations have been added concerning the choice of a synchronous system.