

GENNAIO - FEBBRAIO 1952 - Anno 1 - Num. 1

SUPPLEMENTO AL RADICORRIERE - SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE IV GRUPPO

# ELETTRONICA

E TELEVISIONE ITALIANA

EDIZIONI RADIO ITALIANA

## IN QUESTO NUMERO

### Notiziario

Celebrazione della prima trasmissione transatlantica di Marconi

Le equazioni di Maxwell

Voltmetro elettrometrico

L'oscillografo come rivelatore di equilibrio dei ponti in c. a.

Note sulla tecnica delle guide d'onda

I raggi cosmici influenzano le radiocomunicazioni?

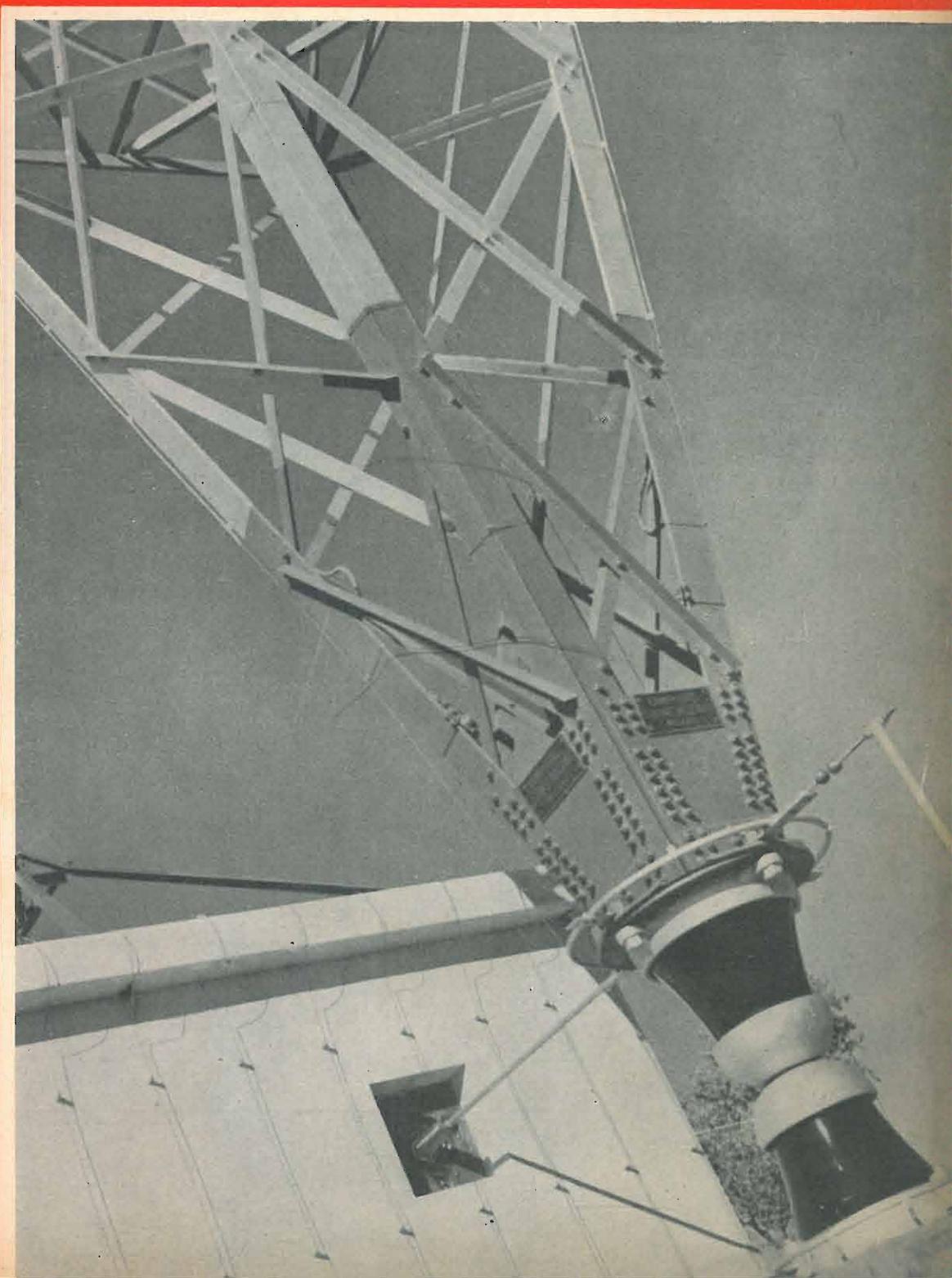
Bollettino d'informazioni FIVRE

### DALLA STAMPA ELETTRONICA

Confronto fra un discriminatore ed un rivelatore a rapporto

### LIBRI E PRESENTAZIONI

LIRE 300





# LABORATORIO RADIOTECNICO

DI E. ACERBE

TORINO

VIA MASSENA, 42  
TELEFONO 42.234

TELEVISORI DELLE MIGLIORI MARCHE ESTERE E NAZIONALI

MANUTENZIONE E ASSISTENZA  
GARANTITA DA UN MODERNO  
LABORATORIO DI RIPARAZIONE  
ADIBITO ALLA SOLA TELEVISIONE

CAMBIADISCHI E GIRADISCHI AUTOMATICI E NORMALI

A DUE E TRE VELOCITÀ

IL MEGLIO NELLE NOVITÀ TECNICHE

# Ing. S. BELOTTI & C.S.A.

Telegr. { *Ingbelotti*  
          { *Milano*

MILANO  
PIAZZA TRENTO, 8

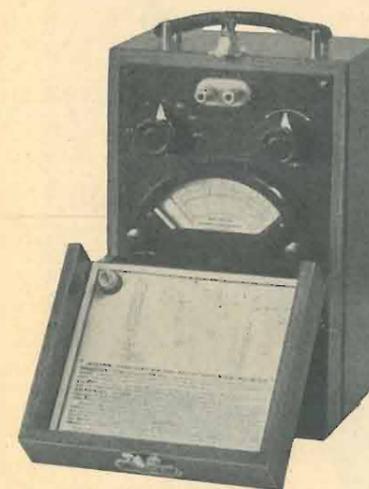
Telef. { 5.20.51  
          { 5.20.52  
          { 5.20.53  
          { 5.20.20

GENOVA  
Via G. D'Annunzio, 1/7  
Telef. 52.309

ROMA  
Via del Tritone, 201  
Telef. 61.709

NAPOLI  
Via Medina, 61  
Telef. 23.279

APPARECCHI  
GENERAL RADIO



Voltmetro a valvola  
tipo 727-A

OSCILLOGRAFI  
ALLEN Du MONT



Oscillografo a raggi catodici  
tipo 304-H

STRUMENTI  
WESTON



Tester 20.000 ohm/volt.  
mod. 779/1

*Pronti a Milano*

LABORATORIO PER LA RIPARAZIONE E LA TARATURA DI  
STRUMENTI DI MISURA

# UNA SERIE DI MICROFONI SPECIALI

*per tutte le esigenze*



Mod. 222 — PIEZO MONOCELLULARE di alta sensibilità per registratori e qualunque impianto di amplificazione



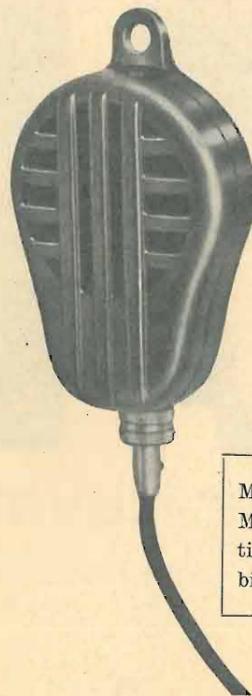
**NOVITÀ**

Mod. 230 — Microfono a NASTRO tipo «Mignon» di ALTA FEDELITÀ e SENSIBILITÀ



**NOVITÀ**

Mod. 223 — PIEZO BICELLULARE tipo «Professionale» di ALTA FEDELITÀ per impianti esterni o di forte usura



Mod. 221 — PIEZO MONOCELLULARE tipo «Famiglia» sensibilissimo ed economico

TUTTE LE APPLICAZIONI PIEZOELETTICHE  
 COMPLESSI FONO "PERFECTONE"  
 CONDENSATORI "FACON" PER RADIO, AVVIAMENTO MOTORI, TELEFONIA E RIFASAMENTO  
 APPARECCHI PER DEBOLI D'UDITO, DI ALTA QUALITÀ E SENSIBILITÀ, DI PREZZO MODICO

*Chiedere listini alla*

## RIEM

RAPPRESENTANZE INDUSTRIE ELETTROTECNICHE MILANESI

### MILANO

CORSO VITT. EMANUELE, 8 - TELEF. 794.562

*Ritagliare e incollare questo tagliando su una cartolina postale.*

Spett. Soc. **RIEM - MILANO**  
 CORSO VITTORIO EMANUELE, 8  
 (Per richiesta listino)

**SIEMENS RADIO**

**RADIORICEVITORI DI ALTA QUALITÀ**  
 DELLA STAGIONE 1951-52

IN VENDITA NEI MIGLIORI NEGOZI DI TUTTA ITALIA

**SIEMENS SOCIETÀ PER AZIONI**

Via Fabio Filzi, 29 - **MILANO** - Tel. 69.92 (13 linee)

UFFICI:

FIRENZE GENOVA PADOVA ROMA TORINO TRIESTE  
 Piazza Stazione 1 - Via D'Annunzio 1 - Via Verdi 6 - Piazza Mignanelli 3 - Via Mercantini 3 - Via Trento 15

ANTENNE DI PONTE RADIO A MICRO ONDE



**SIRTI**

RETI ED EQUIPAGGIAMENTI PER COLLEGAMENTI TV



ESECUZIONE DI GIUNTO  
SU CAVO COASSIALE

NUMERO  
**1**  
ANNO I

GENNAIO  
FEBBRAIO 1952

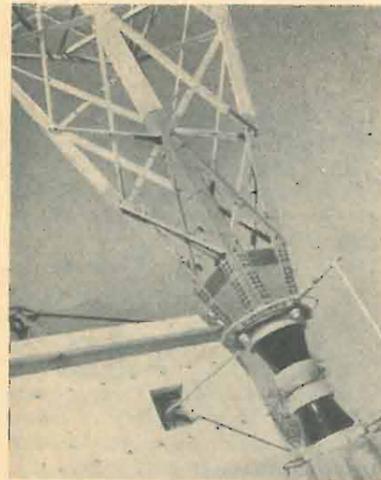
DA PAGINA 1  
A PAGINA 48

DIRETTORI:  
EDOARDO CRISTOFARO  
VITTORIO MALINVERNI

VICE DIRETTORE TECNICO:  
GIUSEPPE DILDA

DIREZIONE E AMMINISTRAZIONE:  
TORINO  
VIA ARSENALE 21 - TELEF. 41.172

Concessionaria esclusiva della pubblicità:  
COMPAGNIA INTERNAZIONALE  
PUBBLICITÀ PERIODICI (CIPP)  
MILANO, VIA MERAVIGLI 11 - TEL. 808-350  
TORINO, VIA POMBA 20 - TELEF. 45-816



L'isolatore della fotografia è quello di base dell'antenna del nuovo trasmettitore RAI di Caltanissetta, costituita da un traliccio strallato a sezione quadrata di 3x3 m alto 286 m. Esso è capace di sopportare un carico di 400 tonnellate ed è costruito in modo da permettere leggere oscillazioni della struttura sovrastante. L'antenna a traliccio di Caltanissetta è la più alta esistente in Europa ed è costata circa 55 milioni di lire.

# ELETTRONICA E TELEVISIONE ITALIANA

## Sommario:

Notiziario	6
Premessa	9
Guglielmo Marconi e la sua prima trasmissione transatlantica	11
A. CARRELLI Le equazioni di Maxwell	16
G. DILDA Voltmetro elettrometrico	22
G. TAMBURELLI L'oscillografo come rivelatore di equilibrio dei ponti in corrente alternata	29
I. MUSSETTO Note sulla tecnica delle guide d'onda	34
L. GIALANELLA I raggi cosmici influenzano le radiocomunicazioni?	37
F. I. V. R. E. Bollettino d'informazioni n. 35	39
Dalla stampa elettronica Confronto fra un discriminatore ed un rivelatore a rapporto	43
Libri e pubblicazioni	
G. Dilda: Radioricevitori a M. F.	45
A. Magelli: Principi fondamentali di TV e M. F.	45
C. Mercier: La réception radiophonique à bon marché	45

## EDIZIONI RADIO ITALIANA

IL PRESENTE NUMERO DI ELETTRONICA E TELEVISIONE ITALIANA IN ITALIA COSTA LIRE 300 (ARRETRATI LIRE 400) — I VERSAMENTI POSSONO ESSERE FATTI SUL CONTO CORRENTE POSTALE N. 2/37800 ALL'ESTERO LIRE 500 (ARRETRATI LIRE 600)

ABBONAMENTO ANNUALE: IN ITALIA LIRE 1500 - ALL'ESTERO L. 2500  
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - IV GRUPPO  
REGISTRATO ALLA CANCELLERIA DEL TRIBUNALE C. P. DI TORINO AL N. 493 IN DATA 6-11-1951

Altre pubblicazioni delle EDIZIONI RADIO ITALIANA:  
RADIOCORRIERE SETTIMANALE DELLA RADIO ITALIANA  
I QUADERNI DELLA RADIO RACCOLTA DELLE CONVERSAZIONI DI MAGGIOR INTERESSE TENUTE ALLA RADIO  
LA RADIO PER LE SCUOLE ILLUSTRAZIONE DEI PROGRAMMI RADIOSCOLASTICI

# NOTIZIARIO

## LA RIFORMA DEI PROGRAMMI E LE NUOVE STAZIONI DELLA RAI

La Rai ha recentemente messo al corrente i radioascoltatori ed il pubblico in generale della nuova riforma dei programmi che va in vigore con il corrente anno 1952. Ciò è stato fatto sia attraverso a numerose radiotrasmissioni, sia attraverso alla stampa quotidiana, sia infine mediante numerosi scritti apparsi sugli ultimi numeri del « Radiocorriere ».

Data l'importanza dell'avvenimento noi non possiamo lasciarlo passare sotto silenzio. Cercheremo pertanto di riassumere per i nostri lettori le caratteristiche principali della nuova riforma e le imponenti realizzazioni tecniche che si sono rese necessarie per mettere in atto tale riforma. Ricorderemo, per far ciò, soprattutto a quanto è stato pubblicato a più riprese, sia dal direttore generale Salvino Sernesi, sia dalla Direzione Tecnica e dalla Direzione dei Programmi, sul « Radiocorriere ».

Quando le possibilità di un ascolto soddisfacente non erano estese a tutto il territorio nazionale per ambedue le reti si rendeva necessaria la diffusione di due programmi praticamente equivalenti, misti e di tenore medio, in ciascuno dei quali si alternassero tutti i generi di trasmissione, dalla canzonetta popolare al pezzo sinfonico, dall'atto unico alla tragedia, dal saggio critico alla rivista.

Dato il rapidissimo aumento del numero dei radioascoltatori, che dal 1938 al 1950 si è pressochè quadruplicato, è evidente che il suddetto schema di programmazione non era in grado di soddisfare tutte le esigenze di un così vasto pubblico. Occorreva addensare ad una differenziazione dei programmi secondo un criterio che, lungamente studiato, doveva rispondere alle fondamentali direttive della radiofonica la quale, in sintesi, ha lo scopo di assolvere principalmente i tre seguenti compiti: *informare - ricreare - educare*.

D'ora in avanti a questi tre compiti corrispondono tre distinti programmi.

Così il *Programma Nazionale* (che dovrà, da solo, far fronte a tutte le richieste, qualora gli altri non potessero essere trasmessi od ascoltati) con la ricchezza dei suoi servizi giornalistici, risponderà soprattutto alle esigenze dell'informazione, dedicando però le sue numerose ore di trasmissione a tutti gli altri generi di programma.

Il *Secondo Programma* dovrà anzitutto rispondere alla esigenza di ricreare l'ascoltatore, senza però trascurare la funzione informativa; tale programma si ripromette

inoltre il compito di avvicinare l'ascoltatore a fonti vieppiù nobili ed elevate di espressione, adempiendo così, senza venir meno ai suoi intenti ricreativi, una funzione culturale e sociale.

Il *Terzo Programma* dovrà infine continuare la funzione culturale a cui è già assunto.

L'attuazione di tale riforma dei programmi presupponeva l'attuazione di un vasto programma di sviluppo degli impianti, già predisposto da tempo, che aveva per scopo di rendere buone le condizioni di ascolto praticamente su tutto il territorio nazionale, non solo per la rete che diffonde ora il Programma Nazionale, ma anche per quella destinata al Secondo Programma.

Era inoltre necessario migliorare le possibilità di ascolto del Terzo Programma, sinora irradiato soltanto, nell'ambito delle principali città, mediante stazioni a modulazione di frequenza e, al di fuori di esse, mediante stazioni a onda corta a incidenza verticale.

Per comprendere le difficoltà di attuazione di un tale programma occorre meditare, non solo sulle ingenti spese richieste per costruire, attrezzare ed installare un numero sufficiente di stazioni capaci di soddisfare alle esigenze suddette, ma altresì sulla situazione in cui si veniva a trovare l'Italia in seguito al ridotto numero di lunghezze d'onda che le sono state assegnate alla Conferenza di Copenaghen.

Durante tale conferenza, chiusasi nel settembre del 1948, l'Italia non poté beneficiare di favorevoli conclusioni. La guerra era terminata da poco e la situazione politica del nostro Paese non era certamente tale da poter conseguire una situazione, se non di privilegio, almeno di una certa equità. Così all'Italia vennero assegnate solo tre onde esclusive al posto delle cinque prebelliche ed un numero ridotto di onde condivise con le altre Nazioni europee.

Sulla base delle frequenze disponibili le Direzioni Tecniche della Rai provvidero — dopo lunghi studi e dopo una campagna di accertamenti, minuziosa e metodicamente svolta — ad un piano organico di nuove costruzioni e di miglioramento di quelle esistenti.

Tale piano presupponeva:

a) lo sfruttamento alla potenza massima delle tre lunghezze d'onda avute in esclusiva;

b) la formazione di gruppi sincronizzati di più stazioni (alcune delle quali assai potenti) per sfruttare al massimo la

potenza assegnata per le altre lunghezze d'onda. Di tali lunghezze alcune sono da considerare buone, sia per qualità sia per scarsità di interferenze; altre meno buone;

c) l'impianto di un numero elevatissimo di piccole stazioni ripetitrici, molte delle quali secondo un particolare sistema a diffusione circostante.

L'attuazione di questo piano richiede — fra accertamenti, studi preventivi e conclusioni — oltre un anno.

Si passò subito dopo alla fase esecutiva, dando all'industria italiana le commesse per la costruzione di nuovi trasmettitori ed iniziando tutte le opere edili per i nuovi fabbricati. Il 30 dicembre la parte principale del piano è entrata in funzione. In tale data infatti sono stati inaugurati i seguenti trasmettitori:

- Torino 5 kW;
- Milano 150 kW;
- Bologna 25 kW;
- Firenze 5 kW;
- Roma 150 kW;
- Bari 50 kW;
- varie stazioni minori della potenza unitaria da 250 W ad 1 kW.

Nei primi mesi dell'anno 1952 entrarono in esercizio la nuova stazione da 50 kW di Portofino e quella da 25 kW di Coltano. Contemporaneamente si avrà uno sviluppo ulteriore delle stazioni per le trasmissioni in modulazione di frequenza che verranno utilizzate non solo per il Terzo Programma ma anche, limitatamente ad alcune zone, come ausilio per la diffusione del Secondo Programma. Citiamo ad esempio le due nuove stazioni che verranno installate sul Monte Penice e quelle che verranno montate a Portofino.

Per quanto il complesso delle stazioni ad onda media e a modulazione di frequenza sopra citato sia da considerarsi già sufficiente per raggiungere i presupposti tecnici necessari a dar vita alla differenziazione dei programmi, il lavoro di miglioramento dell'intera attrezzatura della rete radiofonica italiana continuerà anche negli anni successivi, soprattutto allo scopo di sostituire con trasmettitori più moderni ed efficienti alcune vecchie stazioni ancora in esercizio in determinate zone.

Nel numero 40 del « Radiocorriere » dell'ottobre 1949 è stata riportata una tabella nella quale veniva indicato lo sviluppo della rete dei trasmettitori radiofonici italiani dal primo inizio sino al 1949. In

quell'anno la loro potenza complessiva raggiungeva i 652 kW.

Per dare un'indicazione dell'enorme lavoro effettuato dalla fine del 1949 ad oggi e cioè praticamente in due anni, basti dire che la potenza globale della rete dei trasmettitori italiani a onda media sarà ai primi del 1952 di poco meno di 1200 kW, con un aumento perciò di 500 kW rispetto alla fine del periodo di ricostruzione.

Contemporaneamente, dalla trentina di trasmettitori a onde medie che si avevano nel 1949 si passerà a 70.

Ma, come si è già detto altre volte, la diffusione dei programmi italiani non è affidata oggi, e non lo sarà neppure in futuro, soltanto alle onde medie: difatti, numerosi impianti a M. F. diffondono già il Terzo Programma e alcuni di questi anche il Secondo Programma.

Fra la fine del 1951 e i primi mesi del 1952 si avrà un aumento anche nel numero degli impianti a M. F. e si passerà così dai due impianti di Torino e Milano esistenti nel 1949, per una potenza complessiva di 6 kW, a un totale di tredici impianti per una potenza di circa 50 kW. Inoltre l'ascolto dei tre programmi italiani sarà affidato anche a quattro stazioni a onda corta di una potenza totale di 60 kW. Complessivamente quindi i tre programmi italiani saranno irradiati da 87 stazioni con una potenza globale di circa 1300 kW. Si hanno inoltre, come già noto, altre cinque stazioni a onde corte, installate a Roma Prato Smeraldo, e destinate al servizio per l'estero, aventi una potenza totale di 370 kW.

Contemporaneamente si sono dovuti rinnovare o ampliare in modo imponente i numerosi impianti degli studi, ripartiti tra le varie sedi, creare quasi dal nulla il vasto settore delle registrazioni, che oggi comprende circa 250 impianti (tra magnetofoni e macchine per l'incisione dei dischi), completare ed estendere la rete dei circuiti musicali interurbani, che da 12700 km/coppia di prima della guerra sono passati ora a circa 18000 km/coppia, con un complesso di amplificatori musicali installati nelle varie centrali di oltre 200 unità. (25)

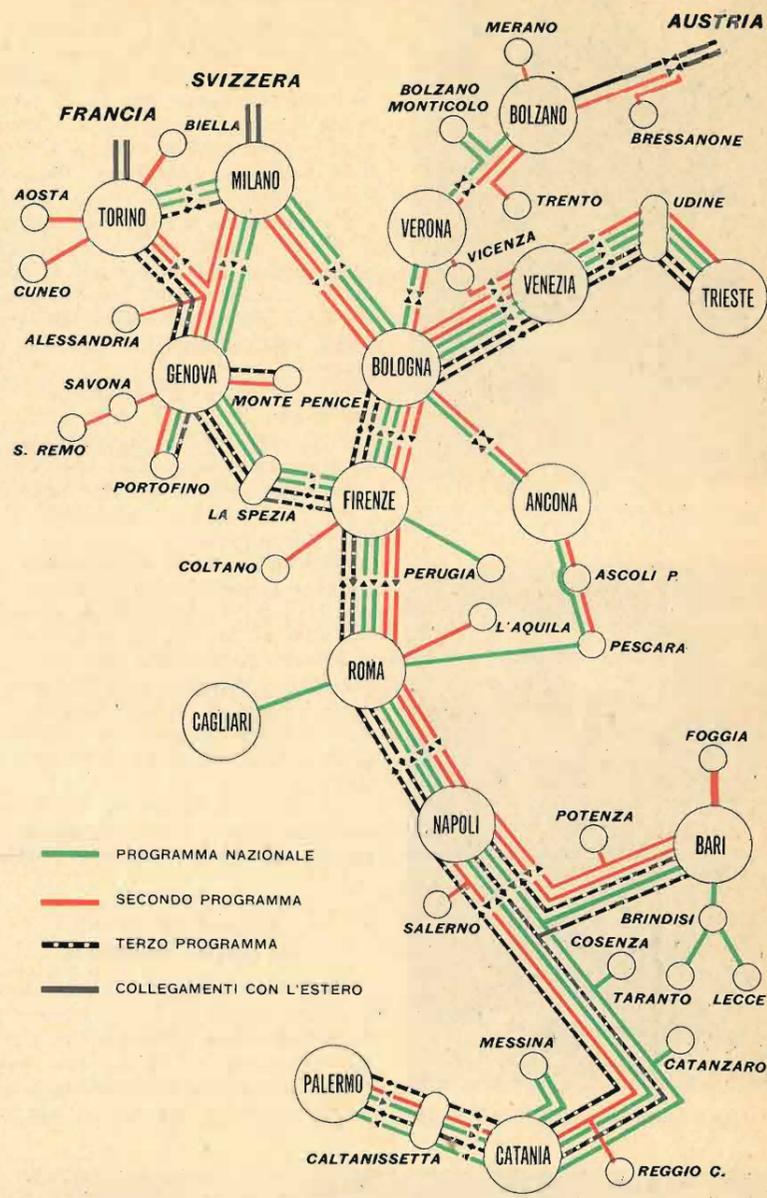
## CIRCUITI MUSICALI

I circuiti musicali sono, oggi, la spina dorsale della Radiodiffusione Circolare in Italia.

Essi hanno ricevuto, rispetto all'anteguerra, un notevole incremento estensivo e qualitativo. Estensivo in quanto, col moltiplicarsi dei trasmettitori e con l'installazione dei Telediffusori, destinati a migliorare la qualità di ricezione nei piccoli centri, sono passati da km/coppia 14000 del 1939 a km/coppia 18000 al 31 dicembre 1951, con un aumento intorno al 30%.

Qualitativamente un miglioramento si è avuto in quanto, mentre nell'anteguerra i circuiti musicali erano formati per la grande maggioranza da coppie in cavo con pupinizzazione H25 e quindi con frequenza limite a 6000 periodi e massima trasmessa fra 4500 e 5000 per/sec, attualmente dispongono di coppie in cavo con pupinizza-

## LA RETE DEI CIRCUITI MUSICALI DELLA RAI



zione H18 frequenza limite a 7000 per/sec e massima trasmessa 6000/6500 per/sec. Naturalmente si hanno circuiti musicali, su cavi posati in data più recente, che dispongono di coppie schermate appositamente previste per la Radiodiffusione, con gamme molto più vaste, come sul BO-VR-BZ, dove la frequenza limite è di 12000 e la massima trasmessa 10000 ÷ 11000 periodi circa.

Un miglioramento notevole è stato inoltre raggiunto con la sostituzione degli equipaggiamenti; infatti gli amplificatori attuali sono lineari da 30 ÷ 15000 periodi hanno distorsione dell'ordine dello 0,1 ÷ 0,2%, per tutte le frequenze trasmesse, e rumore di fondo, corrispondente ad una tensione d'ingresso, intorno a — 115 ÷

120 dB; i correttori (o equalizzatori di attenuazione), che sono ora ad impedenza costante, permettono: una estensione della resa complessiva del sistema, sulle più basse frequenze fino a 30 per/sec., senza speciali accorgimenti, l'eliminazione di riflessioni ed un miglioramento della curva di fase.

Nel prossimo futuro i circuiti musicali permetteranno la trasmissione di una gamma da 30 ÷ 14.000 per/sec circa, potendo disporre di apposite coppie studiate e previste dall'Azienda di Stato per i Servizi Telefonici per questo genere di trasmissione sul cavo coassiale del quale, come è noto, è stata iniziata la posa in questi ultimi mesi.

(36)



Il Min. Spataro inaugura i nuovi trasmettitori



Parla il dott. Cristiano Ridoni, Pres. della Rai



Il Cardinale Micara, Vicario Generale di S. S. Pio XII, pronuncia il suo discorso inaugurale

## CONFERENZA DEL PROF. BOELLA ALL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

### Televisione a colori

La sera di giovedì 22 novembre u. s. presso la nuova sede della sezione di Torino dell'Associazione Elettrotecnica Italiana in Palazzo Carignano alle ore 21 è stata ripresa l'attività culturale con una interessante conferenza del dott. ing. prof. Mario Boella dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris.

Il conferenziere ha trattato un problema di grande attualità e di vivo interesse, quello relativo alla televisione a colori, che ha subito un grande impulso, specialmente in America, nonostante gli attuali diversi indirizzi fissati per l'industria statunitense.

Egli ha considerato brevemente i vari metodi adottati per ottenere la televisione a colori soffermandosi particolarmente su quelli cosiddetti sequenziali e considerando altresì i più recenti sviluppi riguardanti i tubi oscillografici tricromatici e la teoria delle informazioni.

Quest'ultima teoria ha consentito di prevedere la possibilità di « incastrare » gli spettri relativi ai diversi colori ottenendo così un notevole risparmio nella larghezza della banda passante. Un altro mezzo per ottenere un risparmio della larghezza di banda è quello di assegnare ai singoli colori un dettaglio notevolmente inferiore a quello relativo alla trama dell'insieme dei colori.

La conferenza, seguita da una interessante discussione, è stata vivamente applaudita dal numeroso ed attento pubblico.

(18)

### RADIODIFFUSIONE SU ONDE CORTISSIME

In Europa soltanto due paesi hanno impiegato sinora le onde cortissime per la radiodiffusione circolare: la Germania occidentale e l'Italia; esse hanno scelto, quale sistema di modulazione, quello di frequenza. L'adozione di tale gam-

ma d'onde è certo l'unico espediente per poter migliorare i servizi di radiodiffusione, sia dal punto di vista della qualità, sia dal punto di vista della copertura, sia per poter aumentare il numero dei programmi. Dal fascicolo di autunno « BBC Quarterly » si apprende che anche l'Inghilterra, che pure dispone di onde medie più numerose di quelle assegnate ai due paesi poc'anzi citati, non è soddisfatta dei risultati ottenuti dopo l'applicazione del Piano di Copenaghen; si apprende inoltre che la BBC, ritenendo fra l'altro che la situazione sia destinata a peggiorare nell'avvenire, ha deciso di studiare un piano per una rete di trasmettitori a onde cortissime, non soltanto destinata a integrare la rete attuale di stazioni a onda media, bensì atta per sé sola a diffondere i tre programmi già esistenti in quasi tutto il paese. I dubbi sulla convenienza di adottare la modulazione di ampiezza ovvero quella di frequenza sono stati, mediante esaurienti prove pratiche, risolte a favore di quest'ultima. Si è calcolato che, a pari qualità di servizio, la rete modulata in ampiezza richiederebbe un numero di trasmettitori presso che quadruplo di quello della rete modulata di frequenza.

(29)

### LA TELEVISIONE IN EUROPA

Da quando, recentemente, hanno cominciato a funzionare successivamente le due stazioni di Sutton Coldfield e di Holme Moss, il servizio di televisione in Inghilterra, sino a poco tempo fa limitato alla regione londinese, ha cominciato ad assumere un carattere nazionale che diventerà ancor più accentuato con l'entrata in funzione, entro il 1954, di altri due trasmettitori, rispettivamente a Kirk O Shotts ed a Cardiff.

Anche la Francia, dove attualmente funzionano i trasmettitori di Parigi e di Lilla, ha predisposto un piano di costruzioni molto vasto, da attuare gradualmente. Nei prossimi anni dovrebbero essere costruiti i trasmettitori di Lione, Strasburgo e Marsiglia.

Nella Germania Occidentale, ove, come è noto, sono sorte numerose stazioni di radiodiffusione a onde cortissime modulate di frequenza, è stata prevista la possibilità di abbinare a molte di esse delle stazioni di televisione. Attualmente ve ne sono due che effettuano trasmissioni sperimentali: ad Amburgo ed a Berlino. Nel corso del prossimo biennio dovrebbero essere costruite stazioni a Berlino (due), Colonia, Hannover, Langenberg, Coblenza, Monaco e Stuttgart, nonché una sulle montagne del Taunus.

Nella Germania Orientale dovrebbero essere costruite stazioni a Berlino, Lipsia, e Brocken.

Altri paesi in cui esiste già, sempre su scala locale, un servizio di televisione regolare, sono la Russia (Mosca e Leningrado), l'Olanda (Lopik) e la Danimarca (Copenaghen). In questi due ultimi paesi i trasmettitori hanno cominciato a funzionare regolarmente nello scorso mese di ottobre.

(segue a pagina 47)

## P R E M E S S A

*La civiltà degli anni a venire sarà probabilmente caratterizzata dalle applicazioni della energia nucleare; ma la nostra è certamente dominata dalle applicazioni della elettricità.*

*Se ci si sofferma per un istante a ricercare e valutare i fattori dell'enorme progresso tecnico compiuto negli ultimi cinquant'anni — progresso che ha messo a nostra disposizione, a basso prezzo, una quantità ed una varietà di beni e di servizi sconosciuti od inaccessibili ai nostri predecessori — si riconosce facilmente che uno dei principali di questi fattori è stata la sempre più approfondita conoscenza, da parte nostra, dei fenomeni elettrici e la nostra capacità di usarli sia per fini pratici e di immediata utilità, sia per perfezionare ed approfondire la nostra conoscenza del mondo fisico. L'industria manifatturiera, i trasporti, le comunicazioni e tante altre attività a queste affini non avrebbero mai potuto raggiungere l'attuale estensione ed efficienza se noi non avessimo appreso anzitutto a trasformare le varie energie naturali in quella forma di energia, più duttile e più agevolmente regolabile di qualunque altra, che è l'energia elettrica. D'altra parte i procedimenti produttivi industriali e gli innumerevoli moderni servizi che facilitano la nostra vita e alleviano la nostra fatica hanno potuto essere ideati ed attuati ed hanno potuto raggiungere l'attuale elevatissimo grado di precisione, di economia, di automatismo e di sicurezza solo con l'aiuto di una infinità di metodi di ricerca, di misura, di comando e di controllo basati su un sagace sfruttamento delle risorse dell'elettricità. Questi stessi metodi ed altri analoghi ancora più raffinati hanno fornito anche poderosi strumenti di indagine a tutte le scienze pure ed applicate: onde si può bene affermare che non ve ne è alcuna, fra esse, dall'astrofisica alla fisica nucleare, dalla biologia alla medicina, che non abbia tratto profitto dai progressi dell'elettrofisica.*

*È forse superfluo scendere a particolari o soffermarsi su esempi concreti per illustrare e confermare questi concetti generali. Conviene tuttavia mettere in evidenza come uno dei campi in cui il progresso è stato più rapido e, ci si perdoni la parola, più sensazionale, sia stato quello delle comunicazioni a distanza; specie dal momento in cui si è appreso a trasmettere segnali senza l'aiuto di guide o supporti materiali e dal momento in cui si è cominciato a trarre partito dal movimento degli elettroni liberi e degli ioni.*

*È stato affermato che il pacifico andamento della civiltà umana è stato addirittura sovvertito da tre invenzioni: quella della locomotiva a vapore, quella del telegrafo, quella della lampada elettrica. Se profonda è stata a suo tempo l'influenza dell'introduzione del telegrafo sulle relazioni fra individui e popoli civili, più profonda ancora, e più capillare, è l'influenza che ora esercitano sul nostro costume, sulla nostra economia, sulla nostra mentalità e sulla nostra cultura i più recenti e più elaborati mezzi di comunicazione e di informazione individuale e collettiva che da quel primitivo ritrovato hanno tratto successivamente origine. Sono trascorsi esattamente cinquant'anni dal giorno in cui Guglielmo Marconi riuscì per la prima volta a trasmettere senza filo, attraverso l'Atlantico, tre rudimentali impulsi telegrafici; e solo poche settimane prima di questo anniversario è stata inaugurata la regolare trasmissione senza filo, sopra una distanza presso a poco uguale, fra New York e S. Francisco, dei segnali tanto più complicati della televisione. Questi due avvenimenti danno in certo modo la misura del cammino percorso dalla tecnica negli ultimi decenni e ci danno anche chiara coscienza di quanto diverse e migliori siano le nostre condizioni materiali di vita rispetto a quelle dei nostri predecessori.*

*Alla creazione di questa moderna civiltà, che ben si potrebbe chiamare elettrica, il nostro paese ha dato altissimi contributi; e basterebbe a questo proposito ricordare soltanto i nomi di Antonio Pacinotti, di Galileo Ferraris, di Augusto Righi e di Guglielmo Marconi.*

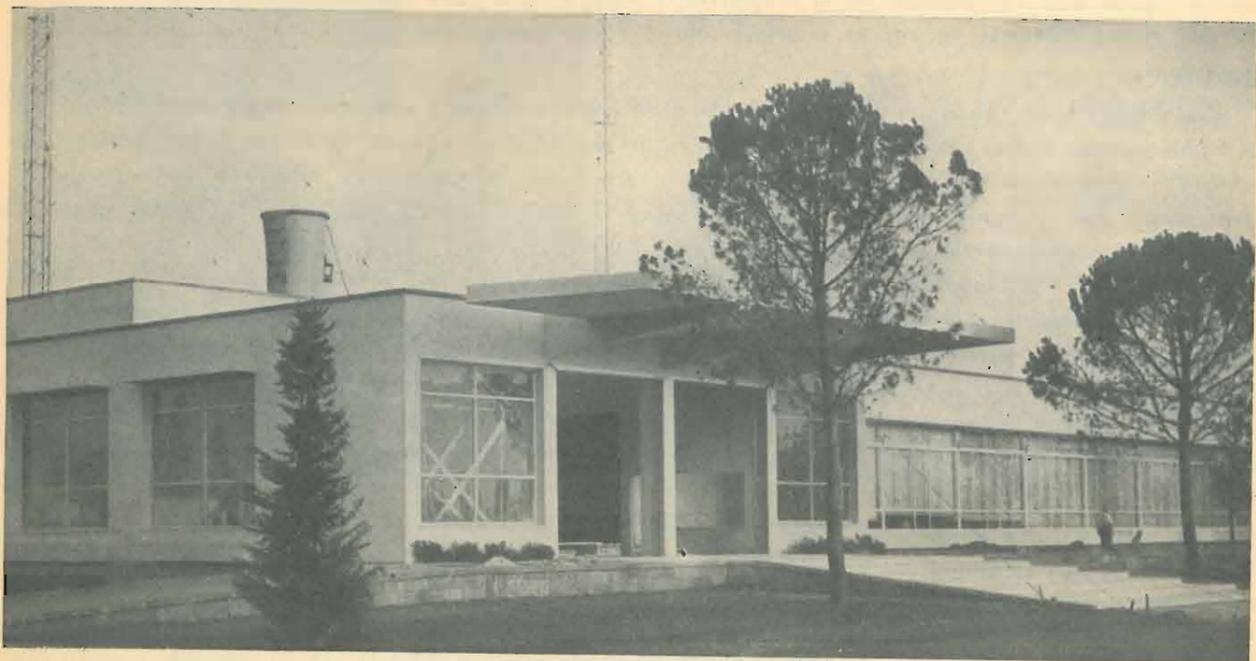
*Ma come tutte le altre scienze applicate, anche l'elettrotecnica è divenuta oggi una materia assai più vasta e complicata di quanto non fosse alcuni decenni addietro. I suoi più recenti progressi, sia nel campo*

teorico, sia in quello delle attuazioni pratiche, non sono stati quasi mai opera di singoli, ma piuttosto il risultato della collaborazione di gruppi numerosi di studiosi e di progettisti, dotati di una preparazione culturale altamente specializzata (quale forse l'estensione della materia rende ormai indispensabile) e aventi a disposizione mezzi sperimentali abbondanti e costosissimi.

Riuscire a mantenersi in codesto campo in una posizione di avanguardia non è una pura e semplice questione di prestigio nazionale, bensì anche una questione di importanza vitale. Il tenore di vita di un popolo moderno è infatti tanto più elevato quanto più industrializzato è il paese in cui esso vive, quanto più alta è la percentuale con cui l'industria concorre alla formazione del reddito nazionale complessivo. Ma una industria veramente efficiente, capace cioè di competere, per bontà e costo dei prodotti e dei servizi che essa offre, con quella degli altri paesi, non può sorgere né vivere, né essere una fonte di ricchezza, se non dispone di ricercatori e di tecnici dotati di severa e profonda preparazione culturale. Questo vale soprattutto in un paese come il nostro dove si deve supplire con un surplus di abilità tecnica alla scarsità di fonti di energia e di materie prime, ed è quindi interesse nostro promuovere quanto più è possibile fra noi la cultura tecnica. Poiché molto, in questo senso, può essere fatto dalla stampa specializzata, le Edizioni Radio Italiana hanno creduto di fare cosa utile iniziando la pubblicazione di questo nuovo periodico, dedicato alle telecomunicazioni in generale ed a quelle parti della fisica che con esse sono strettamente imparentate. Poiché l'imminente introduzione in Italia ed in altri paesi europei di regolari servizi di televisione è senza dubbio destinata a concentrare su questo ramo delle comunicazioni a distanza l'attenzione dei tecnici e dei costruttori italiani, sarebbe desiderabile che una parte della rivista potesse essere dedicata ai problemi di questa tecnica. All'editore non è dato tuttavia di stabilire a priori l'indole e i limiti di una pubblicazione come questa; poiché essa sarà, in definitiva, quale la faranno i suoi collaboratori.

Le Edizioni Radio Italiana si augurano perciò che tutti gli studiosi, i docenti, i progettisti, i costruttori che in Italia operano nei campi dianzi indicati vogliano offrire la loro assidua e volenterosa collaborazione a questo periodico affinché esso riesca, come è nei desideri di coloro che se ne sono fatti iniziatori, un utile strumento di informazione e di documentazione del progresso e delle conquiste della tecnica delle comunicazioni in genere, e di quella italiana in particolare.

#### LE EDIZIONI RADIO ITALIANA



ROMA S. PALOMBA — Scorcio del prospetto dell'edificio dei trasmettitori di Roma S. Palomba inaugurato il 30 dicembre scorso, alla presenza delle maggiori Autorità civili, militari e religiose

## CINQUANTENARIO DELLA PRIMA TRASMISSIONE RADIOTELEGRAFICA TRANSATLANTICA

Il 12 dicembre 1901 Guglielmo Marconi riusciva per la prima volta a trasmettere un segnale radiotelegrafico attraverso l'Atlantico, da Poldhu in Cornovaglia a S. Giovanni di Terranova.

« Elettronica e Televisione italiana » è lieta di poter iniziare le sue pubblicazioni con i discorsi pronunciati in tale storico anniversario, ai microfoni della radio, dal Ministro delle Poste e Telecomunicazioni, on. Giuseppe Spataro, e dal Direttore dell'Istituto Superiore delle Poste e delle Telecomunicazioni, ing. prof. Vittorio Gori; e con i radiomessaggi inviati, nella stessa occasione, da un gruppo di insigni radiotecnici stranieri.

### DISCORSO DELL'ON. GIUSEPPE SPATARO

Ministro delle Poste e Telecomunicazioni

« Fra i molti aspetti che caratterizzano l'opera di Guglielmo Marconi, quello che è legato al primo esperimento radio da Lui compiuto con audacia e con fede il 12 dicembre 1901 attraverso l'Atlantico, può ritenersi come il più rilevante per delineare in modo inconfondibile il genio creativo del grande italiano.

Quell'esperimento — di cui si celebra oggi il 50° anniversario — non soltanto aprì una strada decisiva alla radiotelegrafia attraverso gli oceani, ma originò nuove concezioni e nuove ricerche intorno ai fenomeni fisici che l'accompagnano, sì che la scienza ricevette ulteriori impulsi per studi più profondi.

Da altri esperimenti derivarono deduzioni essenziali per lo sviluppo ulteriore della Radio.

La tecnica si raffinava pertanto ogni giorno di più, sia in trasmissione, sia in ricezione, e schiere di ricercatori e di studiosi si formarono ovunque, recando contributi talvolta di basilare importanza. Fu così che intorno al 1922 le onde lunghe dovettero cedere il passo a quelle corte; e da allora, le radiocomunicazioni commerciali a grande distanza offrirono davvero margini di insospettata sicurezza.

Lo sviluppo in atto è tuttora sorprendente: dai radiocomandi, alle micro-onde, alla televisione è tutto un fiorire di applicazioni mirabili e di nuove importanti realizzazioni.

Alla commemorazione odierna non poteva non aderire per primo il Ministero delle Poste e delle Telecomunicazioni che contribuisce attivamente al potenziamento dei servizi radio sia nel campo dei radio-collegamenti internazionali e delle radiodiffu-

sioni, sia nel campo più propriamente scientifico e sperimentale, con risultati di immenso interesse.

Ma io desidero in questo momento ricordare che, al di sopra di tutte le applicazioni tecniche, la Radio offre un aspetto che appare miracoloso quando la si consideri — come è noto — unico mezzo di collegamento per la salvezza delle vite umane in alto mare. Sotto questo profilo, l'appellativo di benefattore dell'umanità riconosciuto spontaneamente a Marconi,

appare certo il più nobile e il più degno fra i molti che gli furono attribuiti.

Per opera di Lui, gli uomini in mare non sono più soli; ed il ricordo delle mille e mille vite salvate dalla radio in tragiche circostanze, su sconfinati oceani, ci commuove profondamente ed alimenterà nel tempo la riconoscenza senza limite.

Anche nelle recenti alluvioni che hanno colpito alcune zone italiane la radio ha risolto — con i

ponti da essa subito stabiliti — penose situazioni, consentendo collegamenti immediati proprio là, dove altri mezzi di comunicazione non erano possibili.

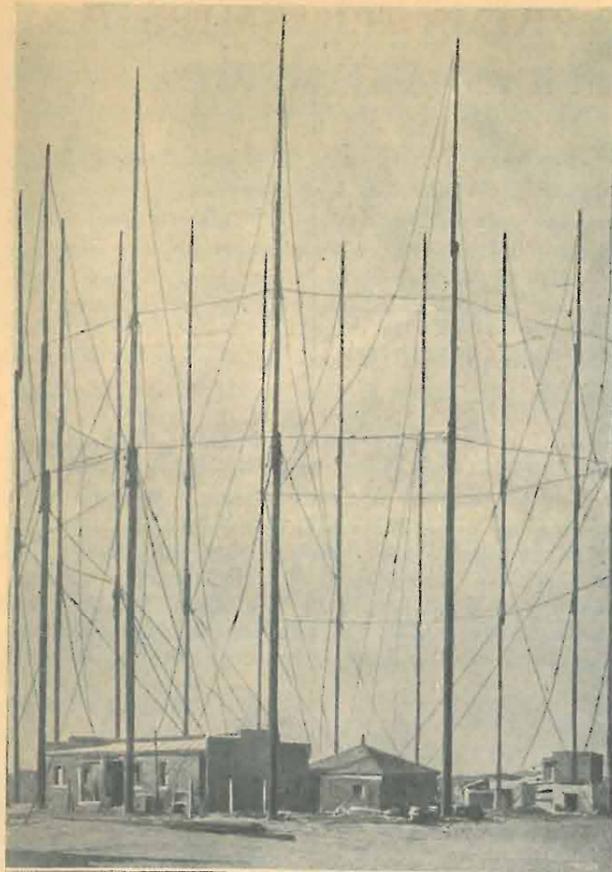
Ed i molti natanti che, come accade in Italia, ricevono informazioni ed elementi di sicurezza attraverso una fitta rete di stazioni radiotelefoniche costiere, sanno che cosa significhi la radio.

Come attraverso gli oceani la radio afferma, nelle circostanze più difficili, l'idea della solidarietà di tutti gli uomini nella sventura, così al di sopra di tutti i confini, essa fa concretamente sentire a tutti i popoli della terra l'idea della universale fratellanza, della comune vocazione al progresso ed alla reciproca comprensione.

Nessun ritrovato della moderna tecnica dà forse, come la radio, la sensazione tangibile, da una parte



Guglielmo Marconi nei suoi primi giovanili esperimenti



Stazione di Poldhu in Cornovaglia dalla quale vennero trasmessi i telegrammi a Terranova (da "Illustrazione Italiana", del 1902)

dell'artificiosità di confini, barriere puramente contingenti, dall'altra della intrinseca universalità della cultura, della scienza, dell'arte. E non è senza significato che la radio sia legata al nome di un figlio d'Italia, di una nazione madre di universalità nei secoli.

È per queste ragioni che alla manifestazione di omaggio a Marconi, ho l'onore di recare la fervida adesione del Governo italiano. Alle eminenti personalità della scienza e della tecnica di vari Paesi, che si succederanno fra breve alla Radio — quali anelli di una catena ideale che ci collega tutti incondizionatamente nel ricordo di Lui — desidero rivolgere il mio saluto ed il più vivo ringraziamento».

#### DISCORSO DEL PROF. ING. VITTORIO GORI

Direttore dell'Istituto Superiore delle Poste e delle Telecomunicazioni

«Il primo esperimento Marconiano attraverso l'Atlantico di cui si celebra oggi il cinquantenario si identifica probabilmente con la maggiore scoperta di Lui, e deve considerarsi come il più tipico fra i molti che caratterizzano il Suo ingegno, dinamico sì, ma per molti aspetti — e forse fortunatamente — ribelle ad ogni dottrina puramente teorica.

Per ben comprendere una affermazione del genere, giova ricordare e commentare brevemente le tappe gloriose attraverso le quali Guglielmo Marconi poté giungere al mirabile esperimento.

Le ricerche teoriche ormai classiche, del Maxwell intorno ai fenomeni elettromagnetici, avevano condotto questo scienziato a formulare l'enunciato arditissimo, secondo il quale fra una vibrazione luminosa ed una vibrazione elettromagnetica doveva esservi, più che analogia formale, vera e propria identità, concettuale e fisica. Tale enunciato, dedotto attraverso sottili analisi altamente matematiche, apparve troppo rivoluzionario per essere immediatamente accolto, sì che occorsero le celebri e memorabili esperienze di Hertz, per dargli decisiva conferma sperimentale. Conferma, che si ebbe anche in seguito, in modo particolarmente brillante, attraverso le magistrali e ben note ricerche che Augusto Righi svolse in quel campo, nello Studio Bolognese.

Il risultato essenziale che scaturiva immediato da quegli studi e quegli esperimenti si riassumeva dunque nel fatto, che le onde elettromagnetiche non potevano propagarsi se non in linea retta, sì che i loro effetti — a meno di fenomeni di diffrazione di ben poca importanza — non potevano rilevarsi al disotto dell'orizzonte delle stazioni trasmittenti. La curvatura della terra non poteva pertanto, esser seguita da quelle onde, ed ogni comunicazione a distanza appariva quindi, in tali presupposti, come assolutamente impossibile.

Ma a Marconi — siamo intorno al 1900 — che aveva ottenuto ed otteneva ricezioni sicure bene al di là dell'orizzonte, quelle conclusioni teoriche, per autorevoli che fossero, non parvero pienamente persuasive. Dai suoi numerosi esperimenti gli sembrava invero, ogni giorno più, di rilevare il netto contrasto fra risultati teorici e l'effettiva realtà dei fatti. Dalla inoppugnabilità di questi ultimi e, d'altro canto, dalla convinzione che le Sue antenne — con la loro caratteristica presa di terra sia in trasmissione sia in ricezione — vincolavano la guida delle corrispondenti oscillazioni alla presenza del terreno, Egli osò concepire la prova suprema che doveva poi condurlo alla gloria: il radiocollegamento attraverso l'Atlantico.

Come poté il giovane Marconi convincere i suoi sostenitori a tanto ardire? Si ha qui l'esempio di quanto grande doveva essere — e di fatto lo era — la potenza persuasiva che emanava da Lui.

E nacque la celebre stazione di Poldhu che, iniziata nell'ottobre 1900 fu pronta all'inizio del novembre 1901. Verso il termine di questo stesso mese Marconi partì con fidi assistenti verso S. Giovanni di Terranova, ivi giungendo il giorno 6 del dicembre successivo.

Presi accordi con la stazione trasmittente — che lavorava con circa 10 kW e su onda dell'ordine di 1800 metri — fu definitivamente stabilito che i segnali da trasmettere dovevano essere costituiti da una serie cadenzata di tre punti, quegli stessi tre punti con i quali a Pontecchio, Egli aveva colta la palma della prima vittoria.

L'esperimento leggendario ebbe dunque inizio; ma per alcuni giorni e per ragioni varie, la ricezione fu assolutamente nulla. C'era di che perdersi d'animo, ma Marconi era tempra troppo singolare di uomo e di sperimentatore per minimamente dubitare. Il 12 dicembre 1901, sul promontorio di Signal Hill, verso le ore 12 locali, i tre punti furono finalmente percepiti: la vittoria della Radio anche sull'oceano era dunque ormai un fatto compiuto.

Oltre al grandioso diretto riflesso che ne conseguiva per lo sviluppo commerciale della radiotelegrafia, quel risultato sorprendente schiudeva un nuovo campo di studi e di ricerche.

Per interpretare il nuovo fatto marconiano le teorie fino allora accettate sulla propagazione erano del tutto insufficienti. L'esperienza attraverso l'Atlantico fu dunque una vera scoperta e, per spiegarla, fisici e matematici, furono indotti a ricercare se, ed in qual senso, l'atmosfera potesse intervenire nella propagazione. Al riguardo sorse allora l'ipotesi di Kennelly e Heaviside, per la quale, taluni alti strati dell'atmosfera lungi dall'essere — in quelle circostanze sperimentali — elettricamente trasparenti, costringevano le onde elettromagnetiche a non disperdersi nello spazio, ma a riflettersi fra essi e la terra, fino a raggiungere località sotto l'orizzonte.

Marconi non si dette tregua; invitato dal Governo italiano a prender parte ad una crociera della « Carlo Alberto » esegui, tra il giugno e il settembre 1902, memorabili ricerche sperimentali che misero in evidenza l'azione della luce e dell'oscurità sul propagarsi delle radio-onde, in relazione con la loro lunghezza.

La sua opera di sperimentatore apparve non soltanto immensa, ma sostenuta sempre da una fede tenacissima.

Ed ecco, che in data 20 dicembre 1902 i suoi segnali radio traversano l'oceano nei due sensi, sì da consentirgli il raggiungimento delle più alte vette della gloria, quali forse nessun altro uomo ha mai conseguito.

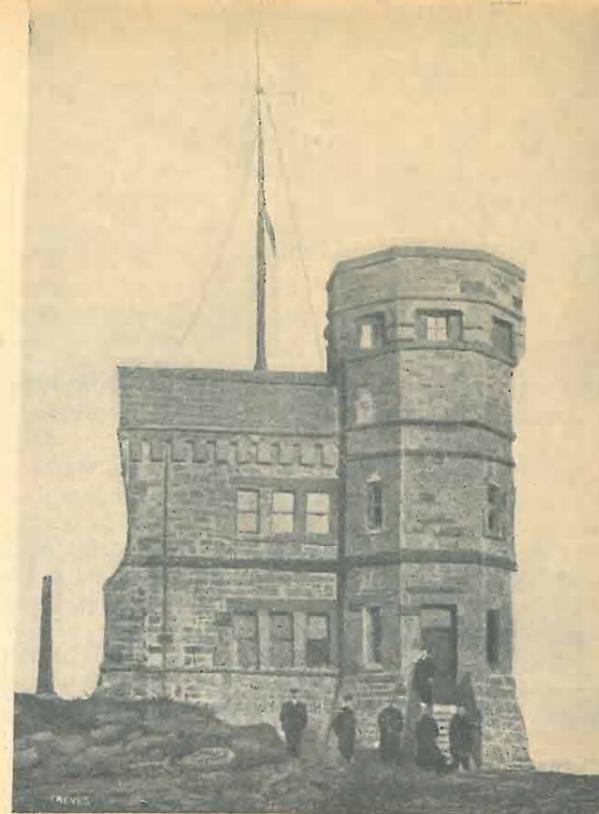
Come è risaputo, per anni ed anni successivi la Radio si sviluppò nell'ambito delle cosiddette onde lunghe, dell'ordine di molte migliaia di metri. Da quella pratica, era derivata la formula, che per superare le grandi distanze bisognava ricorrere alle grandi lunghezze d'onda, e alle grandi potenze. Marconi era anzi all'avanguardia in questa corsa; ma i risultati che ne conseguivano, pur soddisfacenti, non erano tuttavia tali da consentire un servizio capace di competere decisamente con quello offerto dai cavi.

Tutto ciò era da Lui ben percepito e, a partire dal 1916, traendo anche profitto sia dallo sviluppo portentoso del triodo di De Forest, sia da taluni successi di radioamatori, si mise decisamente a sperimentare nel campo delle onde corte, comprese fra i 10 e i 100 metri. Dopo sistematiche ricerche, condotte con l'abilità e l'intuito che gli erano propri, Egli pervenne a risultati di capitale importanza. Alla luce dei quali non esitò a dichiarare: Io mi sono finora sbagliato; occorre abbandonare le onde lunghe poichè solo su quelle corte può basarsi l'avvenire della radiotelegrafia.

Il senso di marcia da Lui primitivamente indicato, si invertiva dunque; ed i fatti dimostrano poi come Egli — ancora una volta — avesse visto giusto.

Il trionfo delle stazioni a fascio è invero troppo noto per esser qui richiamato. Esso costituisce certo l'apoteosi più splendente di decine e decine d'anni di lavoro, durante i quali Marconi è stato il centro propulsore di ogni più ardito progresso. D'altronde, anche in tutti i ritrovati più recenti — dalla radionavigazione alle molteplici applicazioni delle microonde fino ai radar — non può non scorgersi il suo spirito di pioniere e di alto animatore.

Nella circostanza attuale, ci è grato elevare un pensiero devoto a Lui per confermargli che per noi



La torre-stazione a Terranova (da "Illustrazione Italiana", del 1902)

sopra tutto, tecnici della Radio, Egli è tuttora Maestro e guida incomparabilmente sicura. Al Suo nome ed al Suo ricordo intendiamo dedicare il nostro lavoro appassionato — anche se modesto — per dimostrarGli che gli insegnamenti che da Lui ci pervennero, sono sempre operanti e vivi, nel nostro cuore e nella nostra mente».

#### MESSAGGIO DI SIR EDWARD APPLETON (Inghilterra)

Premio Nobel 1947 per la Fisica, Direttore del Dipartimento britannico per le ricerche scientifiche e tecniche

«Potrete facilmente immaginare quanto io sia lieto di dare il mio contributo alla celebrazione dell'anniversario della prima realizzazione del ponte teso da Marconi attraverso l'Atlantico esattamente cinquant'anni fa; perchè tutta la mia vita di lavoro, di ricerca scientifica è stata dedicata allo studio delle conseguenze di questo risultato.

Marconi, che io ebbi il grande privilegio di conoscere personalmente, fu un autentico ricercatore. Egli era convinto che il nostro campo di indagine non debba mai essere limitato dalle teorie comunemente accettate, e che la natura ha in serbo molte sorprese per coloro che si studiano di conoscere il perchè delle cose.

Nel tentare il suo grande esperimento Marconi dimostrò intraprendenza e coraggio. La sua ricompensa fu che egli riuscì a dimostrare possibili le comunicazioni radioelettriche di segnali intorno al mondo. Ma la sua scoperta condusse direttamente anche

all'esame scientifico della ionosfera riflettente — ossia di quella cintura d'aria elettrificata situata nell'atmosfera superiore — la quale riflette le radioonde a grandi distanze. Dall'epoca di Marconi in poi noi abbiamo studiato le proprietà della ionosfera nelle varie parti del mondo e siamo ora capaci di prevedere la migliore lunghezza d'onda da usarsi, a qualsiasi ora, su qualsiasi circuito radio. Con queste previsioni sulla lunghezza d'onda oggi siamo in grado di aiutare i popoli a parlare ad altri popoli con maggiore sicurezza e chiarezza ».

#### MESSAGGIO DI ENRICO BREMMER (Olanda)

Professore di Radiotecnica all'Università di Delft

« Fu nel mese di dicembre del 1901 che Marconi riuscì per la prima volta a lanciare un segnale radiotelegrafico attraverso l'Oceano. Il ricordo di questo fatto ci rammenta la rapida evoluzione della telegrafia senza fili. Infatti l'avvenimento che noi commemoriamo oggi si svolse soltanto quattro anni dopo la realizzazione, fatta dallo stesso Marconi, di un collegamento di alcuni chilometri attraverso il canale di Bristol. Questi esperimenti furono non soltanto il preludio della realizzazione tecnica dei collegamenti radioelettrici e della loro utilizzazione commerciale nel mondo intero, ma costituirono anche un efficace stimolo alle ricerche del meccanismo fisico della propagazione. Ecco perchè essi costituiscono anche una data fondamentale nella storia delle esplorazioni radiofisiche tanto dell'atmosfera quanto della ionosfera. L'aumento del raggio d'azione, che cinquanta anni fa si produceva, per così dire, a salti, è confrontabile unicamente, ai nostri giorni, con la realizzazione di un collegamento radar fra la terra e la luna ».

#### MESSAGGIO

#### DEL PRINCIPE LOUIS DE BROGLIE (Francia)

Premio Nobel 1931 per la Fisica, Segretario perpetuo dell'Accademia Francese delle Scienze

« È difficile dire chi sia stato il creatore della telegrafia senza fili; la previsione teorica dell'esistenza delle onde elettromagnetiche, è dovuta a Maxwell, la scoperta sperimentale di queste onde, a Enrico Hertz. Lodge, Righi, Blondel ed altri ancora, ne hanno in origine esaminato la proprietà e precisato la natura, Calzecchi Onesti, Branly, Testa, Popov, le hanno studiate. Ma chi per primo ha visto chiaramente che le onde hertziane potevano essere utilizzate per la trasmissione dei telegrammi e che ha portato a termine questa realizzazione con perseveranza e abilità, è stato Marconi, l'uomo che nell'esplicazione pratica fu il grande protagonista della radiotelegrafia. Dal 1895 egli moltiplicò ricerche, esperienze e perfezionamenti per realizzare la telecomunicazione via radio. Dopo aver comunicato così attraverso distanze sempre maggiori, egli riuscì per primo a stabilire un collegamento hertziano transatlantico. Il 12 dicembre 1901 a Signal Hill, negli Stati Uniti, Marconi ebbe la gioia grandissima di sentire, in un ricevitore telefonico, un segnale Morse trasmesso dalla stazione di Poldhu situata in Cornovaglia. In occasione di questo cinquantenario, salutiamo con

fervore la memoria dell'illustre ingegnere italiano che, malgrado ogni difficoltà, sostenuto dalla propria fede e dalla propria tenacia, seppe per il primo comunicare attraverso l'oceano con un sistema di trasmissione destinato un giorno a prodigioso sviluppo ».

#### MESSAGGIO DI ANKER ENGELUND (Danimarca)

Direttore dell'Istituto Superiore Tecnico di Copenaghen

« Il 12 dicembre 1901 Guglielmo Marconi riuscì a comunicare attraverso l'Oceano Atlantico per mezzo di onde elettromagnetiche. In questo modo portò al massimo il risultato ottenibile con un apparecchio a scintilla basato sull'esperimento di Hertz. Nessun altro paese può apprezzare la grandezza dell'opera del pioniere Marconi, meglio della Danimarca, i cui figli Paulsen e Pedersen, hanno compiuto un passo avanti, utilizzando le onde continue e rendendo così possibile la radiotelegrafia. Questi sistemi iniziali sono poi stati completati; e alla telegrafia e alla telefonia, sono stati aggiunti altri importanti campi di applicazione come il radar e la televisione. A tali sviluppi si deve il vantaggio di una tecnica radioelettrica alla portata di ognuno. Essi indicano a noi tutti l'importanza dell'opera del pioniere Marconi e lo splendore del suo genio ».

#### MESSAGGIO DI CHARLES MANNEBACK (Belgio)

Professore di Fisica e Matematica all'Università di Bruxelles

« L'Italia celebra oggi con legittimo orgoglio il cinquantenario del giorno in cui uno dei suoi più illustri figli, Guglielmo Marconi, lanciò il primo messaggio radioelettrico attraverso l'Atlantico. Dalle prime esperienze, nel giardino di Pontecchiano, fino al suo gran successo, sei anni sono bastati al giovane inventore per creare una tecnica che ha rivoluzionato la nostra epoca. I fisici e gli elettrotecnici del Belgio si associano con gioia e fierezza alla celebrazione di Marconi, pura espressione del genio italiano, diretto successore del grande Volta e di Righi, e augurano ai colleghi italiani di proseguire con successo nel loro lavoro che, nel passato come nel presente, tanto contribuisce all'affermazione dell'Italia nel mondo ».

#### MESSAGGIO DI DAVID SARNOFF (Stati Uniti)

Presidente della Radio Corporation of America

« Ho il privilegio di aver conosciuto il senatore Marconi per oltre trent'anni. Egli era una fonte di costante ispirazione, un grande maestro e un amico leale. Quando Marconi e i suoi assistenti arrivarono su questa sponda dell'Atlantico nel 1901, corse voce che egli avrebbe effettuato una qualche magia lanciando segnali invisibili attraverso una distanza di 1800 miglia sulla curvatura dell'oceano. Pochi crederono che ciò potesse verificarsi. Alcuni scienziati di quel tempo, predissero che era assolutamente impossibile mandare dei messaggi attraverso l'Atlantico,

perchè la curvatura della terra avrebbe arrestato i segnali. Ma Marconi, pienamente convinto del contrario, si preparò per quella che egli chiamò la " grande scena ", ossia la comunicazione senza fili tra il Vecchio e il Nuovo Mondo.

Il grande trionfo di Marconi avvenne il 12 dicembre 1901. In quel giorno egli, a Terranova, captò, dallo squallido cielo invernale, il primo segnale radiotelegrafico transoceanico: la lettera S lanciata nello spazio dalla stazione radiotelegrafica di Poldhu, sulla costa occidentale inglese. Per Marconi questo significò molto di più del semplice superamento dell'oceano. Egli sapeva che sarebbe venuto il giorno in cui le onde hertziane avrebbero circondato il mondo e agognava di vedere quel giorno. Oggi, come prova della sua previsione, milioni di onde s'intessono intorno alla terra; lo spazio vibra di messaggi ogni ora del giorno e della notte, e nell'aria corrono anche immagini di televisione, musiche e voci. Questo sviluppo è nato dalla scoperta della radiotelegrafia. Nel 50° anniversario del primo segnale radiotelegrafico transatlantico il mondo saluta Marconi, che all'età di soli ventisette anni inaugurò una nuova era delle comunicazioni internazionali. Marconi fu il Colombo della scienza che aprì nuove strade a ogni nazione, onorò il suo Paese, rese celebre il suo nome e beneficcò l'umanità intera ».

#### MESSAGGIO DI ENRICO SEQUENZ (Austria)

Professore di Elettrotecnica all'Università di Vienna

« Un fiero motto definiva una volta la tecnica come la settima potenza che ha cambiato il mondo. Infatti la tecnica non ha soltanto cambiato il mondo ma l'ha anche rimpicciolito. E possiamo ben dirlo oggi che cade il 50° anniversario del giorno in cui Marconi sorvolò, con le onde elettromagnetiche, l'Atlantico.

Quello che è accaduto da quel giorno, in questo mezzo secolo, nel campo della tecnica è un fenomeno di tale grandezza che potrebbe sembrare un miracolo.

Vorrei sottolineare in questa occasione ciò che forse è poco noto alla maggior parte del pubblico e cioè che Marconi, insieme con le scoperte di cui tutti sanno, rivolse la sua attenzione alle possibilità di utilizzare la riflessione dei segnali ad alta frequenza e intravide fin da allora quello che oggi stupisce il mondo e cioè la più moderna realizzazione della radio-tecnica: il Radar.

L'Austria è la patria di molti continuatori dell'opera che Marconi iniziò. Ve ne diamo soltanto i nomi: Ernst Lecher, Robert von Lieben, Sigmund Strass, Alexander Meissner. Non vogliamo far passare la giornata di oggi senza rivolgere un pensiero rispettoso allo spirito di Marconi che sta alla base della costruzione di un piano che fa parte dell'eterno progresso ».

#### MESSAGGIO DI HAKEN STERKY (Svezia)

Direttore Generale dell'Amministrazione svedese dei Telegrafi

« Quando Marconi ha ricevuto il Premio Nobel a Stoccolma nel 1909, fu onorato come l'uomo che intravide le possibilità pratiche della famosa teoria di Maxwell e dei fondamentali esperimenti di Hertz sulla propagazione delle onde elettromagnetiche

attraverso lo spazio. Oggi, nel 50° anniversario dei segnali radioelettrici attraverso l'Atlantico, la gente della radio di tutto il mondo commemora in Marconi uno dei suoi più grandi uomini. Tutti sanno che a Lui sono dovute due grandi scoperte nel campo della radio. La seconda fu quando, dopo ricerche sistematiche, nel 1916, egli scoprì le insospettite possibilità di propagazione delle onde corte a grande distanza. Guglielmo Marconi ha contribuito in maniera splendida alla istituzione delle radiocomunicazioni sulla terra, sul mare e nell'aria, alla radionavigazione, alla radiodiffusione e alla televisione ».

#### MESSAGGIO DI FRANK TANK (Svizzera)

Professore di Elettronica al Politecnico di Zurigo

« Il 12 dicembre del 1901 Guglielmo Marconi, a ventisette anni, unì coi suoi segnali Europa e America con un ponte invisibile. Mai in futuro una notizia arriverà in America più presto di come arrivarono i primi segnali di Marconi.

Il 12 dicembre del 1901 può essere iscritto a lettere d'oro nel libro della storia; Marconi dimostrò che le conquiste della scienza e della tecnica sono possibili quando i popoli uniscano i loro sforzi nel raggiungimento del bene. La capacità personale e una fede inflessibile nella grandezza della tecnica lo portarono al successo.

Possano i giovani seguire l'esempio di tali uomini che si battono per il miglioramento della nostra esistenza e per l'avvicinamento fra i popoli ».

#### MESSAGGIO DI JOSEPH ZENNECK (Germania)

già Direttore dell'Istituto Elettrotecnico dell'Università di Monaco

« La prima metà del 1900 ha lasciato agli uomini due grandi doni: i raggi Röntgen e il telegrafo senza fili di Marconi. Chi non ha vissuto e non è cresciuto in questo periodo forse non può comprendere l'enorme impressione che queste due scoperte fecero nel mondo intero. I raggi coi quali si potevano vedere le ossa attraverso la mano di un uomo vivente e il piccolo apparecchio con un oscillatore elettromagnetico e una piccola antenna con il quale si potevano trasmettere notizie attraverso l'aria a molti chilometri di distanza, erano due scoperte che sembravano miracoli e in cui si stentava a credere anche se ormai erano cose provate. Raggi Röntgen e telegrafia senza fili hanno entrambi mantenuto più di quello che avevano promesso. Si pensava che il raggio d'azione della radiotelegrafia fosse limitato al campo visivo; e Marconi trasmise i suoi segnali attraverso l'Oceano. Ciò che è stato raggiunto nel campo pratico in questo ramo della tecnica è noto. Per mezzo del tubo elettronico è oggi possibile una conversazione telefonica a migliaia di chilometri di distanza. I mezzi della radiotelegrafia senza fili ci danno la possibilità di conoscere e di studiare i fenomeni che avvengono nei più alti strati dell'atmosfera e alcune proprietà, finora sconosciute, del sole. Sul terreno della radiotelegrafia senza fili è cresciuto quel tubo elettronico che è stato l'elemento essenziale del grande sviluppo della tecnica moderna ».

# LE EQUAZIONI DI MAXWELL

PROF. ANTONIO CARRELLI

Direttore dell'Istituto Fisico dell'Università di Napoli

**SOMMARIO** - Dopo aver brevemente ricordato su quali fatti sperimentali e su quali ipotesi si basano le equazioni di Maxwell, si espongono i concetti fondamentali della teoria di Lorentz, la quale, tenendo conto dell'atomismo elettrico e cioè della presenza degli elettroni nella materia, modifica profondamente la struttura di queste equazioni. Viene indi esposto il metodo abitualmente usato per la ricerca delle soluzioni delle equazioni di Maxwell-Lorentz e si ricorda che esse portano all'esistenza di onde trasversali che hanno tutte le proprietà delle onde luminose. Ma le manifestazioni luminose, com'è ben noto, hanno anche proprietà corpuscolari, perchè sperimentalmente è stata dimostrata l'esistenza dei quanti di luce. Ora è possibile affermare che, opportunamente interpretate, le equazioni di Maxwell-Lorentz permettono anche di spiegare l'esistenza di queste onde quantizzate. Il problema fondamentale è attualmente la ricerca delle azioni che il processo della emissione esercita sull'elettrone che emette e si riconosce che in tale problema si possono ritrovare i limiti dell'applicabilità delle suddette teorie.

**SOMMAIRE** - Après avoir rappelé les faits expérimentaux et les hypothèses, sur lesquelles se fondent les équations de Maxwell, cet article explique en peu de mots la théorie de Lorentz, d'après laquelle la structure de ces équations change profondément, si on tient compte de la présence des électrons. On rend compte ensuite de la méthode, que l'on suit d'habitude pour la recherche des solutions des équations de Maxwell, sans oublier que c'est grâce à elles que l'on obtient l'existence d'ondes transversales ayant les mêmes propriétés que les ondes lumineuses. Avec une correcte interprétation les équations Maxwell-Lorentz ainsi obtenues, nous permettent d'expliquer aussi bien les caractéristiques corpusculaires ou quantiques de l'électricité et des ondes électromagnétiques. La recherche des actions entre les ondes et l'électron est à présent le problème fondamental, qui nous permettra d'établir les limites à l'application des théories dont il est question ci-dessus.

**SUMMARY** - This article reviews the experimental facts and hypothesis on which Maxwell's equations are based, and Lorentz's theory—which deeply modifies the structure of those equations by taking into account the presence of electrons—is explained in brief. A method generally used for solving the equations is explained, and it is pointed out that they lead to the existence of transversal waves, having the properties of light waves. By interpreting the Maxwell-Lorentz equations thus obtained, the corpuscular or quantic features of electricity and electromagnetic waves can be explained. The search for inter-actions between waves and electrons is the basic problem, in which the limits of these theories can be found.

La base di ogni manifestazione che sia connessa con la Radiotecnica o la Televisione è evidentemente rappresentata dalle equazioni di Maxwell, così come la base di un qualunque problema della Dinamica analitica è costituita dalle equazioni di Hamilton. Le equazioni di Maxwell già datano da molti anni, eppure la loro importanza è fondamentale anche ai nostri giorni, ed è quindi interessante rivedere un poco la loro posizione attuale nel quadro della Fisica moderna. Esse possono considerarsi come la sintesi dei fatti sperimentali dell'elettromagnetismo, espressi sotto forma matematica, con l'aggiunta essenziale di un concetto assolutamente nuovo dovuto al genio di Maxwell e profondamente fecondo: la corrente di spostamento nei dielettrici.

Ricordiamo brevemente su quali basi sperimentali si fondano le equazioni di Maxwell. I fatti fondamentali dell'elettrostatica portano a stabilire la famosa equazione di Laplace-Poisson relativa alla funzione potenziale  $\varphi(x, y, z)$ :

$$[1] \quad \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -4\pi\rho$$

$\rho$  = densità elettrica.

Introducendo il vettore  $\mathbf{D} = k\mathbf{E}$  (dove  $k$  è la costante dielettrica ed  $\mathbf{E}$  il vettore del campo elettrico) si ha:

$$[1'] \quad \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} = 4\pi\rho.$$

Questa relazione racchiude in sé tutta l'elettrostatica. D'altra parte lo studio dei fenomeni magnetici dimostra che le manifestazioni sono molto analoghe a quelle precedenti ma che non v'è magnetismo libero (fenomeno della calamita spezzata), e questa importantissima conclusione si scrive affermando che il flusso  $\Psi$  del vettore induzione  $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$  è sempre nullo:  $\int \mathbf{B} \times \mathbf{n} d\sigma = 0$ . Si giunge invece della [1'] alla seguente equazione per il vettore  $\mathbf{B}$ :

$$[2] \quad \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0.$$

Com'è ben noto la corrente elettrica che percorre per esempio un conduttore rettilineo infinito crea nello spazio circostante un campo magnetico, e il lavoro  $L$  fatto da un polo magnetico di massa uno per compiere un giro completo intorno al conduttore percorso da una corrente d'intensità  $i$  è dato da:

$$[3] \quad L = \frac{4\pi i}{c}.$$

Questo lavoro  $L$  è la somma dei prodotti scalari del campo magnetico  $\mathbf{H}$  nella direzione dello spostamento  $d\mathbf{s}$  estesa ad una qualunque curva chiusa che abbracci una sola volta la corrente. Dunque si può scrivere:

$$L = \int \mathbf{H} \times d\mathbf{s}.$$

La corrente può immaginarsi data dal flusso del vettore  $\mathbf{j}$  densità di corrente attraverso una superficie tracciata arbitrariamente nel conduttore. Questa densità di corrente, indicando con  $\rho$  la densità e con  $\mathbf{v}$  la velocità della carica elettrica assume la forma  $\mathbf{j} = \rho\mathbf{v}$ .

Ma il Maxwell non si limita a considerare la densità  $\mathbf{j}$  della corrente di conduzione, introduce in base ad una sua geniale concezione, un'altra densità di corrente e cioè quella  $\mathbf{j}'$  dovuta ad un tipo di corrente che ha la espressione seguente:

$$\mathbf{j}' = \frac{1}{4\pi} \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}.$$

Esiste dunque tale corrente nei dielettrici se c'è variazione nel tempo del vettore spostamento elettrico  $\mathbf{D}$ . Evidentemente  $\mathbf{j}'$  è tanto più notevole quanto più rapida è la variazione di  $\mathbf{D}$  rispetto al tempo. Questa ipotetica corrente di spostamento si comporta secondo Maxwell dal punto di vista della produzione del campo magnetico come si comporta la corrente di conduzione. Secondo Maxwell dunque nell'equazione [3] la corrente  $i$  deve dipendere dalle due densità di corrente, e quindi esprimendo  $L$  come integrale del flusso delle densità di corrente attraverso una qualunque superficie  $\sigma$  che si appoggi al percorso fatto dal polo magnetico unitario si ha:

$$[4] \quad L = \frac{4\pi}{c} \int \left( \rho\mathbf{v} + \frac{1}{4\pi} \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \times \mathbf{n} d\sigma.$$

Esprimendo  $L$  sotto forma di un integrale di superficie ed uguagliando le due funzioni integrande che compaiono nei due integrali, passando cioè da una legge integrale ad una legge differenziale, la [4] si scrive:

$$[5] \quad \begin{aligned} \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} &= \frac{1}{c} \frac{\partial D_x}{\partial t} + \frac{4\pi\rho v_x}{c} \\ \frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} &= \frac{1}{c} \frac{\partial D_y}{\partial t} + \frac{4\pi\rho v_y}{c} \\ \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} &= \frac{1}{c} \frac{\partial D_z}{\partial t} + \frac{4\pi\rho v_z}{c} \end{aligned}$$

In tal modo Maxwell ha introdotto nella Fisica un concetto essenzialmente nuovo; è stato merito di Hertz l'aver dimostrato con la realizzazione di onde elettromagnetiche l'effettiva esistenza di una corrente di spostamento. Però le equazioni scritte non esauriscono tutti i fatti sperimentalmente noti. Infatti nel campo dell'elettromagnetismo la legge fondamentale è quella d'induzione. Essa può scriversi nel modo seguente:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\Delta V.$$

Le due grandezze che compaiono in tale equazione possono assumere rispettivamente la forma di un integrale di superficie e di un integrale esteso ad una curva chiusa e cioè:

$$\Psi = \int \mathbf{B} \times \mathbf{n} d\sigma; \quad \Delta V = \int \mathbf{E} \times d\mathbf{s}.$$

Trasformando l'integrale esteso alla curva chiusa in un integrale esteso ad una superficie ed uguagliando le espressioni che compaiono sotto il segno

d'integrazione, passando cioè anche qui da una legge integrale ad una legge differenziale, si ottiene:

$$[6] \quad \begin{aligned} \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial B_x}{\partial t} \\ \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial B_y}{\partial t} \\ \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial B_z}{\partial t} \end{aligned}$$

In esse si nota la presenza delle costanti  $k$  (costante dielettrica) e  $\mu$  (permeabilità magnetica), e queste costanti caratterizzano la materia, e cioè la individuano nelle sue qualità.

In tal modo la materia è data come un'entità, e non si fa alcuna ipotesi che si riferisce alla sua struttura dal punto di vista del comportamento sotto l'azione di campi elettrici o magnetici; si afferma che bastano due costanti  $k$  e  $\mu$  per individuarla in modo completo. Effettivamente al posto della densità  $\mathbf{j}$  della corrente di conduzione ricorrendo alla legge di Ohm si può far comparire il campo elettrico  $\mathbf{E}$  ed un parametro  $\sigma$  che caratterizza il conduttore e cioè la sua conduttività, quindi un'altra costante materiale si aggiunge a  $k$  e  $\mu$ .

Com'è ben noto la Fisica non è limitata soltanto alla teoria elettromagnetica; si è fatto un lavoro molto proficuo anche in altri campi e specialmente in quelli relativi alla struttura materiale; la materia è risultata costituita da nuclei positivi molto complessi nella loro struttura, i quali devono essere considerati quali aggregati di protoni e neutroni, e da cariche negative stabili ruotanti intorno ad essi: gli elettroni. Si è mostrato che il comportamento della materia dal punto di vista elettrico dipende essenzialmente dal comportamento degli elettroni, e cioè dal loro numero e dall'entità del legame che li tiene uniti ai nuclei.

Lorentz ha particolarmente sviluppato tale teoria, e secondo tale concezione da lui propugnata la realtà è costituita dallo spazio fisico, sede dei campi elettrici  $\mathbf{E}$  e magnetici  $\mathbf{H}$ , in cui si trovano queste cariche elettriche responsabili del comportamento dei vari corpi.

La materia dunque come tale scompare dalle equazioni fondamentali, e conseguentemente le due costanti  $k$  e  $\mu$  che la individuano assumono sempre valore unitario. Però la diversità che si riscontra nel comportamento dei vari corpi è collegata all'azione che questi campi  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$  esercitano sugli elettroni che si trovano in essi, in vario numero e con varia mobilità. Di queste particelle si conosce la carica  $e$  e la massa  $m$ ; come prima ipotesi si può ammettere che questa particella abbia una certa dimensione e sia da considerare come una piccola sferetta di raggio ancora incognito  $r_0$ . Se in un certo volume si trova una carica elettrica, e cioè un elettrone, questa può essere individuata dalla sua densità di carica  $\rho$ ; se nella zona dove si trova l'elettrone agisce un campo elettrico  $\mathbf{E}$ , la carica subisce quindi l'azione di tale campo e la forza agente per unità di volume è data evidentemente da  $\rho\mathbf{E}$ ; se esiste nella zona anche un campo magnetico  $\mathbf{H}$  e se la carica è in moto e la direzione della velocità  $\mathbf{v}$  fa un angolo  $\alpha$  con la direzione di  $\mathbf{H}$ , su questa carica  $\rho$  dell'unità di volume agisce ancora una forza d'intensità  $\rho\mathbf{v}\mathbf{H} \sin \alpha$ , normale al

piano individuato da  $\mathbf{v}$  e  $\mathbf{H}$ , ed individuata dalla nota regola delle tre dita. Il che si può anche compendiare, com'è ben noto, dicendo che per unità di volume la forza agente dipendente dal campo magnetico è data da  $\rho[\mathbf{vH}]$ . Dunque sull'elettrone agisce relativamente all'unità di volume per azione dei due campi  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$  la forza:

$$\rho \left( \mathbf{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{vH}] \right);$$

moltiplicando tale espressione per l'elemento di volume  $d\tau$  ed integrando a tutto il volume occupato dall'elettrone, si ottiene che la forza  $\mathbf{F}$  agendo su questo corpuscolo è data da:

$$[7] \quad \mathbf{F} = e \left( \mathbf{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{vH}] \right).$$

Le equazioni che racchiudono tutti i fenomeni elettromagnetici (esclusi i fenomeni nucleari) sono dunque le [1], [2], [5], [6] e [7] e cioè: [8]

$$\begin{aligned} \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} &= 4\pi e; & \frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial H_x}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial x} &= \frac{4\pi c v_z}{c} + \frac{1}{c} \frac{\partial D_x}{\partial t}; & \frac{\partial E_x}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial x} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial H_x}{\partial t} \\ \frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} &= \frac{4\pi c v_y}{c} + \frac{1}{c} \frac{\partial D_y}{\partial t}; & \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial H_y}{\partial t} \\ \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} &= \frac{4\pi c v_z}{c} + \frac{1}{c} \frac{\partial D_z}{\partial t}; & \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial H_z}{\partial t} \end{aligned}$$

Il problema che si pone dal punto di vista matematico può formularsi così: conosciuti i valori iniziali  $\mathbf{E}_0$ ,  $\mathbf{H}_0$  dei campi, la posizione per  $t=0$  dell'elettrone, determinare poi per i vari punti dello spazio, e per i vari valori del tempo  $t$ ,  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{H}$  ed in base alla conoscenza di  $\mathbf{F}$  il moto dell'elettrone.

È effettivamente possibile risolvere tale problema almeno nelle grandi linee, ed il procedimento molto generale che si adopera può essere così ricordato.

S'incomincia col notare che se per il vettore  $\mathbf{H}$  deve essere sempre soddisfatta la relazione:

$$[9] \quad \frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} = 0$$

si può ritenere che le tre componenti del vettore  $\mathbf{H}$  siano costruite dalle tre componenti di un vettore  $\mathbf{A}$  nel modo seguente: [10]

$$H_x = \frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}, \quad H_y = \frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}, \quad H_z = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}$$

Infatti tali valori di  $H_x$ ,  $H_y$  e  $H_z$  soddisfano alla [9]. Per comodità di scrittura quando un vettore come  $\mathbf{H}$  è dato dalle relazioni [10] si pone:

$$[11] \quad \mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A}$$

In base a questa definizione la [6] può scriversi:

$$\text{rot } \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \text{rot } \mathbf{A} = -\frac{1}{c} \text{rot } \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$$

cioè:

$$[12] \quad \text{rot} \left( \mathbf{E} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \right) = 0$$

Se un vettore qualsiasi  $\mathbf{a}$ , è tale che  $\text{rot } \mathbf{a} = 0$  si può ritenere, indicando con  $\varphi$  una funzione scalare di  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , che tale vettore  $\mathbf{a}$  abbia le componenti  $a_x$ ,  $a_y$  ed  $a_z$  date da:

$$a_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad a_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad a_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

il che si scrive anche sinteticamente:

$$\mathbf{a} = -\text{grad } \varphi.$$

Dunque in base alla [12] si può porre:

$$[13] \quad \mathbf{E} = -\text{grad } \varphi - \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$$

In tal modo si è ottenuta un'espressione di  $\mathbf{E}$ , mediante l'introduzione di un vettore  $\mathbf{A}$  ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$ ) e di uno scalare  $\varphi$  ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$ ), naturalmente per il momento grandezze sconosciute. Sostituendo ora questa espressione [13] nelle equazioni [8], dato che  $\mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A}$ , esse possono scriversi nel modo seguente:

$$[14] \quad \text{rot } \mathbf{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \rho \mathbf{v};$$

$$\text{rot}(\text{rot } \mathbf{A}) = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} - \frac{1}{c} \text{grad } \frac{\partial \varphi}{\partial t} + 4\pi \rho \mathbf{v}.$$

Calcolando l'espressione  $\text{rot}(\text{rot } \mathbf{A})$  si ottiene che essa individua un vettore che ha le seguenti componenti (per semplicità scriviamo la sola componente lungo  $x$ ):

$$-\frac{\partial^2 A_x}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 A_y}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 A_z}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z} \right).$$

Scrivendo per semplificare al posto dei tre primi termini  $-\Delta_2 A_x$ , definendo:

$$\text{div } \mathbf{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

la relazione precedente può scriversi:

$$-\Delta_2 A_x + \frac{\partial}{\partial x} (\text{div } \mathbf{A})$$

e cioè sostituendo nella [14] si può dire che essa equivale alla seguente equazione vettoriale: [15]

$$-\Delta_2 \mathbf{A} + \text{grad } \text{div } \mathbf{A} + \frac{1}{c} \text{grad } \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = \frac{4\pi \rho}{c} \mathbf{v}$$

e cioè:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} - \Delta_2 \mathbf{A} + \text{grad} \left( \text{div } \mathbf{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right) = \frac{4\pi \rho}{c} \mathbf{v}$$

ed ancora dalle [8] si ha:

$$\text{div } \mathbf{E} = \text{div} \left( -\text{grad } \varphi - \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \right) = 4\pi \rho$$

ma

$$\text{div } \text{grad } \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = \Delta_2 \varphi$$

quindi può porsi:

$$[16] \quad -\Delta_2 \varphi - \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \text{div } \mathbf{A} = 4\pi \rho.$$

Queste equazioni [15] e [16] compaiono dunque al posto delle precedenti, ma rappresentano come facilmente si vedrà, un grande vantaggio; in esse non si vedono più i vettori  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$ ; sono relazioni che si riferiscono alle due grandezze  $\mathbf{A}$  e  $\varphi$ , l'una vettoriale  $\mathbf{A}$  e l'altra scalare  $\varphi$ ; il problema consiste ora nella determinazione di queste due grandezze. Ciò può farsi ritenendo che:

$$[17] \quad \text{div } \mathbf{A} + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$$

e cioè ammettendo secondo Lorentz che questa relazione fra  $\mathbf{A}$  e  $\varphi$  sia sempre soddisfatta. Tale posizione porta a grandi semplificazioni, infatti si ottiene dalla [16]:

$$\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \text{div } \mathbf{A} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}$$

e le equazioni fondamentali [15] e [16] possono considerarsi le seguenti:

$$[18] \quad \Delta_2 \mathbf{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = \frac{4\pi \rho}{c} \mathbf{v}, \quad \Delta_2 \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 4\pi \rho$$

a cui bisogna sempre aggiungere le [17].

Per brevità non dimostriamo che queste equazioni contengono in sé anche il principio di conservazione dell'elettricità. Le due equazioni [18] sono equazioni di un tipo già noto, esse sono infatti le equazioni dei *potenziali ritardati*; immaginando nota la funzione  $\rho = \rho(x, y, z, t)$  e la funzione  $\mathbf{v} = \mathbf{v}(x, y, z, t)$  è possibile calcolare i valori di  $\mathbf{A}$  e  $\varphi$ , e quindi noti  $\mathbf{A}$  e  $\varphi$  si hanno i vettori  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$  in base alle relazioni:

$$[19] \quad \mathbf{E} = -\text{grad } \varphi - \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}, \quad \mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A}$$

Il grande significato di queste equazioni è in sostanza il seguente: esse risolvono completamente il problema della determinazione dei campi  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$ , note le posizioni, l'entità delle cariche elettriche, e le loro velocità. In particolare poi può dimostrarsi, e per brevità noi non riportiamo il ragionamento, che le soluzioni che si ottengono in base ad esse per i vettori  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$ , quando  $\varphi$  è una quantità costante, sono corrispondenti ad *onde trasversali* che si propagano con la velocità  $c$ .

Questo risultato dà idea del grande valore della teoria di Maxwell, e della sua estensione dovuta a Lorentz. Quanto abbiamo detto dimostra, in ultima analisi, che col moto delle cariche si ottengono onde trasversali analoghe cioè alle onde luminose e quindi che le equazioni dell'Ottica coincidono con quelle dell'elettromagnetismo: la luce è dunque un fenomeno elettromagnetico dovuto al moto delle cariche elementari.

Eppure risultati così importanti non esauriscono il significato profondo di queste equazioni. Com'è ben noto gli ultimi ritrovati della Scienza sperimentale hanno dimostrato in modo ineccepibile che la luce ha carattere corpuscolare; evidentemente questi risultati sperimentali, altamente convincenti, sono in netto contrasto con quanto è stato ricordato precedentemente, poichè la conclusione a cui si giunge dalla teoria di Maxwell-Lorentz, come si è appunto ora detto, è che le equazioni rappresentano la propagazione di onde.

Questa profonda diversità di concezione, e cioè da una parte la possibilità di considerare la luce e le radiazioni in genere come onde, e dall'altra la necessità di una concezione corpuscolare, ha per lungo periodo di tempo rappresentato un problema insoluto. Ma è stato alla fine possibile costruire una *meccanica quantica* e cioè una meccanica che possa tener conto della discontinuità fondamentale che si è così chiaramente messa in evidenza.

Per poter cercare di giustificare gli aspetti discontinui della luce, o delle radiazioni in genere, che sono così chiaramente descritte dalle equazioni di Maxwell, bisogna dunque riferirsi a quanto è già stato ottenuto nella Meccanica. L'impostazione fondamentale di tale disciplina è dovuta al Lagrange; egli per la descrizione del moto di un sistema materiale il più complesso, che sia costituito per esempio da  $N$  punti materiali, ha mostrato che conviene non far ricorso alle coordinate cartesiane  $x_1, y_1, z_1; \dots; x_N, y_N, z_N$  degli  $N$  punti materiali del sistema, ma servirsi invece di coordinate generalizzate  $q_1, \dots, q_f$  in numero uguale ai gradi  $f$  di libertà del sistema, e cioè coordinate tali che la conoscenza di valori di esse sia assolutamente sufficiente per fissare in modo completo la posizione del sistema.

Si è visto poi che a queste coordinate possono sempre accompagnarsi altre quantità  $p_1, \dots, p_f$ , dette variabili coniugate dalle  $q_k$ , e che sono gli impulsi del sistema considerato. L'Hamilton ha poi mostrato che per qualsiasi sistema materiale conservativo e che abbia vincoli determinati si può costruire una funzione  $H$  energia espressa in funzione delle  $2f$  variabili  $q$  e  $p$ , cioè si può costruire una  $H = H(q, p)$ , e le equazioni del moto acquistano forma canonica, cioè si scrivono sempre nella stessa forma che sarebbe la seguente:

$$\dot{p}_k = -\frac{\partial H}{\partial q_k}, \quad \dot{q}_k = \frac{\partial H}{\partial p_k} \quad (k = 1, \dots, f).$$

I problemi meccanici visti secondo questa concezione possono essere trattati in teoria quantistica. In particolare fra gli altri anche il problema relativo al moto armonico è stato quantizzato, e cioè è stato possibile dimostrare partendo dai postulati della teoria quantistica che la energia  $E$  di un oscillatore armonico di frequenza  $\nu$  non può assumere, come si ritiene nella meccanica ordinaria, tutti i valori, ma indicando con  $n$  numero intero (1, 2, 3, ...) e con  $h$  una costante universale (la costante di Planck), tale energia  $E$  assume la forma:

$$E = \left( n + \frac{1}{2} \right) h\nu,$$

e cioè l'energia dell'oscillatore è quantizzata.

Da quanto precede si ricava dunque subito che se la teoria di Maxwell può tradursi in un linguaggio meccanico, e più particolarmente se si riescono a trovare coordinate  $q$  che permettono la descrizione delle proprietà delle onde, e che inoltre ubbidiscono alle equazioni canoniche di Hamilton, si può dire che si è in condizioni analoghe a quelle meccaniche, e si può tentare un processo di quantizzazione.

Ora questo problema è stato effettivamente risolto procedendo nel modo seguente: si è immaginata racchiusa in un certo volume, che per semplicità supponiamo cubico, e di lato  $L$  (questa lunghezza si consideri molto più grande di tutte le dimensioni

dei corpi che emettono ed assorbono le radiazioni considerate) una certa quantità d'energia raggianti. Evidentemente questa energia racchiusa nella scatola di volume  $L^3$  è una energia sotto forma di onde elettromagnetiche, e cioè di campi  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$  rapidamente variabili; poichè non consideriamo cariche presenti ( $\rho = 0$ ) e quindi il potenziale  $\varphi$  può considerarsi nullo, tali campi potranno dedursi dal vettore  $\mathbf{A}$ .

I valori di  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$  delle onde racchiuse in tale scatola non possono essere assolutamente arbitrari, poichè infatti per la presenza delle pareti materiali che limitano il campo di propagazione, esiste un contorno che imporrà certe condizioni. Intuitivamente si ammette che siano soddisfatte condizioni di periodicità, per cui riferendoci direttamente al vettore  $\mathbf{A}$ , da cui poi si deducono i due vettori  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$  che individuano il campo, riteniamo che ai limiti, e cioè sulle varie pareti, il vettore  $\mathbf{A}$  assuma lo stesso valore. Le equazioni che bisogna considerare in questo caso sono le seguenti:

$$[20] \quad \Delta_2 \mathbf{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = 0, \quad \text{div } \mathbf{A} = 0$$

Questo vettore  $\mathbf{A}$  si considera somma di tanti termini per quanto sono le onde (di lunghezza d'onda  $\lambda$ ) contenute nel volume  $L^3$ . Questi termini devono alla loro volta soddisfare alle condizioni di periodicità fissate dalla presenza del contorno, e saranno inoltre funzioni del tempo. Si potrà quindi porre in generale:

$$\mathbf{A} = \sum_{\lambda} q_{\lambda}(t) \mathbf{A}_{\lambda}(x, y, z).$$

Il fattore  $A_{\lambda}$  di ogni termine di questa somma deve soddisfare alle condizioni di periodicità, e può considerarsi della forma seguente:

$$A_{\lambda} = A_{\lambda_0} \cos \frac{2\pi}{L} (n_1 x + n_2 y + n_3 z)$$

dove le  $A_{\lambda_0}$  sono quantità sul cui valore per brevità non si riferisce. Si ottiene per il  $\Delta_2 A_{\lambda}$  l'espressione seguente:

$$\Delta_2 A_{\lambda} = -\frac{1}{\lambda^2} A_{\lambda} = -\frac{v^2}{c^2} A_{\lambda}$$

dove:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\sqrt{n_1^2 + n_2^2 + n_3^2}}{L} \quad \left\{ \begin{array}{l} n_1 \\ n_2 = 1, 2, \dots \\ n_3 \end{array} \right\}.$$

Le  $A_{\lambda}$  risultano dunque funzione perfettamente definite dello spazio. Il campo delle radiazioni nella sua distribuzione fra le varie  $\lambda$  è allora individuato dalle  $q_{\lambda}$ . Calcolando ora la [20] si ha:

$$\Delta_2 \mathbf{A} = -\sum_{\lambda} \frac{\partial^2}{c^2} A_{\lambda} q_{\lambda}(t); \quad \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = \sum_{\lambda} \frac{\partial^2 q_{\lambda}}{\partial t^2} A_{\lambda}$$

e quindi:

$$\Delta_2 \mathbf{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c^2} \sum_{\lambda} \left( \frac{\partial^2 q_{\lambda}}{\partial t^2} + v^2 q_{\lambda} \right) A_{\lambda} = 0.$$

Si soddisfa la relazione precedente se si pone:

$$[21] \quad \frac{\partial^2 q_{\lambda}}{\partial t^2} + v^2 q_{\lambda} = 0.$$

Ma questa relazione individua un moto armonico, di frequenza  $\nu$ ; si può affermare che l'Hamiltoniana corrispondente è la seguente:

$$H_{\lambda}(p, q) = \frac{1}{2} (p^2 \lambda^2 + v^2 q \lambda).$$

Infatti le equazioni canoniche in questo caso danno:

$$-\frac{\partial H_{\lambda}}{\partial q \lambda} = \dot{p} \lambda = -v^2 q \lambda; \quad \frac{\partial H_{\lambda}}{\partial p \lambda} = \dot{q} \lambda = p \lambda$$

e di qui si ricava:

$$\frac{\partial^2 q \lambda}{\partial t^2} = \dot{p} \lambda = -v^2 q \lambda$$

cioè proprio la [21].

Il campo totale delle radiazioni è descritto dall'insieme di questi oscillatori, e l'Hamiltoniana totale è la somma delle Hamiltoniane:

$$H(p, q) = \frac{1}{2} \sum_{\lambda} (p \lambda^2 + v^2 q \lambda).$$

Ma l'Hamiltoniana rappresenta l'energia del sistema, quindi per essere sicuri che la rappresentazione del campo delle radiazioni mediante le  $q_{\lambda}$  e le  $p_{\lambda}$  è perfetta, bisogna dimostrare che anche in questo caso la  $H(p, q)$  considerata rappresenta l'energia del sistema. Ora l'energia  $W$  del campo elettromagnetico è, com'è noto, data dall'espressione seguente:

$$W = \frac{1}{8\pi} \int (\mathbf{E}^2 + \mathbf{H}^2) d\tau$$

dove  $d\tau$  rappresenta l'elemento di volume  $L^3$ . I valori di  $E$  ed  $H$  sono dati dalle espressioni:

$$\mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = -\frac{1}{c} \sum_{\lambda} \frac{\partial q_{\lambda}}{\partial t} \mathbf{A}_{\lambda} = -\frac{1}{c} \sum_{\lambda} p_{\lambda} \mathbf{A}_{\lambda};$$

$$\mathbf{H} = \text{rot } \mathbf{A} = \sum_{\lambda} q_{\lambda} \text{rot } \mathbf{A}_{\lambda}$$

e quindi bisogna calcolare espressioni del tipo:

$$\sum_{\lambda} p_{\lambda} A_{\lambda} \sum_{\lambda} p_{\lambda} A_{\lambda} \quad \text{e} \quad \sum_{\lambda} q_{\lambda} \text{rot } \mathbf{A}_{\lambda} \sum_{\lambda} q_{\lambda} \text{rot } \mathbf{A}_{\lambda}.$$

Il risultato che si ottiene da questi calcoli, che per brevità si omettono, è il seguente:

$$W = \frac{1}{2} \sum_{\lambda} (p^2 \lambda^2 + v^2 q \lambda)$$

e cioè l'energia  $W$  delle radiazioni contenute in  $L^3$  è proprio uguale alla somma delle energie degli oscillatori armonici considerati.

Si è così potuto trattare la radiazione come una entità perfettamente corrispondente ad enti meccanici. Ora gli oscillatori possono quantizzarsi, quindi può dirsi che l'energia delle onde elettromagnetiche ha valori discontinui, ha anche un aspetto corpuscolare, e ciò in accordo coi più recenti risultati sperimentali.

In tal modo, con questa nuova estensione si è dato uno sviluppo ed un significato moderno alle equazioni di Maxwell. Ma s'incomincia ora a notare che tale teoria nello stato attuale delle nostre conoscenze non soddisfa pienamente. Si possono, con relativa facilità, vedere quali sono i limiti della teoria di Maxwell; basta infatti considerare il problema dell'emissione della radiazione dipendente dal moto dell'elettrone. Calcolate le espressioni dei potenziali

$\mathbf{A}$  e  $\varphi$ , come già si è detto, si può ricavare il valore dei campi, e si può quindi procedere alla determinazione dell'energia emessa, e risulta da tale calcolo che per avere emissione da una carica in moto bisogna essenzialmente che ci sia un'accelerazione e cioè che  $\dot{v}$  sia diverso da zero e precisamente in base a questi calcoli la quantità d'energia  $S$  emessa nell'unità di tempo è la seguente:

$$S = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \dot{v}^2.$$

Di qui si può procedere ad una delle indagini più importanti in questo campo; infatti nel calcolare l'energia emessa dalla carica in moto, e cioè nel dedurre il valore di  $S$  sopra riportato, non si è considerata la reazione che subisce l'elettrone per effetto stesso dell'emissione, evidentemente l'elettrone deve risentire l'azione stessa dei campi emessi. In prima approssimazione noi possiamo considerare che l'equazione di moto dell'elettrone, indicando con  $F$  la forza agente sia la seguente:

$$[22] \quad F = m \dot{v};$$

ma in seconda approssimazione alla forza direttamente applicata  $F$  bisogna aggiungere una forza  $F_1$  (che sarà molto piccola rispetto a  $F$ ) dipendente dal processo di emissione. Il lavoro fatto da questa forza  $F_1$  è evidentemente uguale all'energia irraggiata per esempio nell'intervallo da  $t_1$  e  $t_2$ . Tale energia si ottiene moltiplicando  $S$  per  $dt$  ed integrando fra  $t_1$  e  $t_2$  e cioè:

$$\frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right)^2 dt = \int_{x_1}^{x_2} F_1 dx = \int_{t_1}^{t_2} F_1 v dt.$$

Integrando per parti il primo integrale, e ritenendo che il moto sia armonico e con frequenza  $\nu$ , e supponendo ancora che l'intervallo  $t_2$  e  $t_1$  sia uguale ad un periodo, la velocità ai due limiti  $t_1$  e  $t_2$  è uguale, e quindi si ottiene:

$$\frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \int_{t_1}^{t_2} v \left( \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \right)^2 dt = \int_{t_1}^{t_2} F_1 v dt;$$

si può così ottenere l'espressione della forza che risulta:

$$F_1 = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2};$$

poichè si è supposto il moto periodico la derivata seconda di  $v$  rispetto a  $t$  può ritenersi data da  $\nu^2 v^2$ , e poichè può ritenersi  $v = \nu x$ , si ha per  $F_1$ :

$$F_1 = \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \nu^3 x.$$

La forza  $F$  che compare nella [22] nel caso del moto armonico può ritenersi data da  $m \nu^2 x$ , la espressione ottenuta per  $F_1$  può considerarsi valida, come si è detto, solo se  $F_1 \ll F$ , e quindi deve essere verificata la condizione:

$$\frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \nu^3 x \ll m \nu^2 x$$

e cioè:

$$\frac{2}{3} \frac{e^2}{c^2} \frac{\nu}{c} \ll m.$$

Facendo comparire la lunghezza d'onda  $\lambda = c/\nu$  può dunque dirsi che può calcolarsi l'emissione in base alle equazioni scritte solo se la lunghezza d'onda delle radiazioni considerate soddisfa alla condizione:

$$\lambda \gg \frac{2}{3} \frac{e^2}{m c^2}.$$

Ora se si considera l'elettrone come una sferetta di raggio  $r_0$ , l'energia del campo dell'elettrone è data da  $e^2/r_0$ ; se secondo i postulati fondamentali della teoria di relatività tale energia è uguale alla massa  $m$  dell'elettrone moltiplicato per il quadrato di  $c$ , la quantità  $e^2/mc^2$  risulta uguale a  $r_0$ , e quindi la validità dei calcoli è limitata a lunghezze d'onda che siano grandi rispetto al raggio  $r_0$  dell'elettrone così calcolato.

Un secondo e più preciso modo per calcolare le forze di reazione è quello di considerare l'elettrone esteso, fare il calcolo in base a questa concezione, e poi nel risultato ottenuto fare tendere a zero il raggio; ma con questo procedimento, andando avanti con l'approssimazione, si ottengono termini che dipendono dalla struttura dell'elettrone, ed anche in questo caso la validità resta limitata ad onde con  $\lambda$  dello stesso ordine di grandezza prima calcolato.

Al momento attuale si possono riconoscere due possibilità d'orientamento; si può supporre che l'unica realtà sia il campo elettromagnetico  $\mathbf{E}$  ed  $\mathbf{H}$ , ricavabile dalla coppia  $\mathbf{A}$  e  $\varphi$ ; le particelle rappresentano allora singolarità del campo; ma evidentemente si può anche procedere da un altro punto di vista, e cioè ammettere che esistano due realtà, il campo elettromagnetico e le particelle; queste particelle originano il campo ed hanno una proprietà caratteristica: la massa, cioè la loro inerzia. Naturalmente non si può attualmente decidere fra le due concezioni; la teoria quantistica anche nei suoi sviluppi moderni, con lo studio delle nuove particelle elementari mesoniche è essenzialmente dualistica, né può dirsi che i tentativi fatti da vari Autori per ottenere una concezione unitaria siano stati molto fruttiferi. Evidentemente elemento molto favorevole alla teoria unitaria era il fatto che dal punto di vista elettromagnetico si poteva giungere ad un risultato essenziale, e cioè era possibile stabilire la variazione della massa con la velocità. Ebbene questo risultato non ha più tanto significato da quando la teoria di relatività, con metodo completamente diverso, è riuscita ad ottenere la stessa legge di variazioni per la massa.

Ma per quanto le equazioni di Maxwell si siano dimostrate notevolmente potenti, ed atte anche a descrivere le onde quantizzate, non si possono considerare come definitive, infatti non è, mediante esse, spiegata l'esistenza delle particelle elementari il cui numero poi è in continuo aumento, non entra in questo schema l'assieme delle forze nucleari (e di quelle gravitazionali).

La teoria può inoltre accettarsi fino a quando le onde con le quali interagiscono le particelle non hanno  $\lambda$  più piccolo di una grandezza caratteristica  $r_0$ . Ora è da notare che in questa grandezza limite  $r_0$  compaiono quali costanti elementari  $e$ ,  $m$ , e  $c$ , ma tra di esse non compare  $h$ , la costante di Planck che caratterizza la teoria quantistica; sembra dunque che il problema sia essenzialmente elettrodinamico.

# VOLTMETRO ELETTROMETRICO

ING. PROF. GIUSEPPE DILDA

Docente all'Istituto Tec. Ind. e al Politecnico di Torino

**SOMMARIO** - Si accenna alla necessità che si presenta in talune misure di disporre di un voltmetro senza alcun assorbimento di corrente e si considera la soluzione del voltmetro elettrometrico. Questo è basato sull'impiego di un tubo avente una corrente di griglia estremamente ridotta ( $< 10^{-14}$  A). Si studiano quindi le cause che determinano tale corrente di griglia, i mezzi che consentono di ridurla ai più piccoli valori e i risultati ottenuti in un tubo appositamente costruito e che è stato usato nello strumento descritto. In questo strumento la stabilità di zero e quella di taratura sono state notevolmente migliorate con vari artifici di semplicissima attuazione, che consentono l'alimentazione dello strumento sia con una sola batteria di accumulatori di 12 V, sia dalla rete a corrente alternata.

**SOMMAIRE** - On rappelle la nécessité de disposer, dans certaines mesures, d'un voltmètre sans aucune dérivation de courant et on considère la solution du voltmètre électrométrique. Ceci est basé sur l'emploi d'un tube ayant un courant de grille extrêmement réduit ( $< 10^{-14}$  A). Après on étudie les causes qui déterminent ce courant de grille, les moyens qui en permettent la réduction à de plus petites valeurs et les résultats qu'on a obtenu dans un tube expressément construit et qui a été employé dans l'appareil décrit. Dans cet appareil la stabilité du zéro et celle de l'étalonnage ont été remarquablement améliorées avec certains artifices de très simple réalisation, qui permettent l'alimentation de l'appareil, soit avec une seule batterie d'accumulateurs de 12 V, soit au moyen du réseau à courant alternatif.

**SUMMARY** - A voltmeter absorbing no current is required by certain measurements, and an electrometric voltmeter is proposed for this purpose. It is based on the employment of a tube having an extremely low (i. e. less than  $10^{-14}$  A) grid current. This article studies the causes of such grid current, the ways of reducing it to very small values and the results obtained in a tube especially made and used for said instrument. In this instrument, zero stability and adjustment stability have been much improved by very simple means, which allow the instrument to be fed either by one 12 V accumulator battery or through AC mains.

## 1. Premesse.

Giacchè gli strumenti elettrici sono più spesso dei misuratori della corrente, di norma la misura di una tensione continua  $V$  viene effettuata indirettamente, misurando la corrente  $I$  che circola lungo una resistenza nota  $R$ , per cui si ha:  $V = RI$ . Perciò ogni misura di tensione effettuata secondo questo metodo, comporta l'assorbimento, da parte dell'utilizzatore, di una corrente  $I$ .

Analogamente disponendo di un misuratore di tensione si può effettuare la misura di una corrente  $I$  determinando la tensione  $V$  che il passaggio della corrente da misurare provoca lungo la resistenza nota  $R$ , per cui si ha  $I = V/R$ . Occorre peraltro che la corrente assorbita dall'indicatore di tensione sia trascurabile rispetto ad  $I$ .

In molti laboratori scientifici e tecnici si presenta frequentemente la necessità di misurare una differenza di potenziale continua praticamente senza assorbimento di corrente; vediamo quindi quali limiti a tale esigenza si incontrano usando il primo metodo di misura.

È ben noto, che mentre i normali strumenti ad indice materiale montati su perni consentono di giungere a sensibilità dell'ordine della decina di microampere in fondo scala cioè di  $0,1 \mu A$  per divisione, i migliori galvanometri a sospensione con indice luminoso a riflessione consentono di ottenere sensibilità da 100 a 1000 volte più grandi, cioè dell'ordine di  $10^{-9}$  ÷  $10^{-10}$  A per mm di deviazione sulla scala. Per quanto queste sensibilità siano molto elevate si presentano casi in cui la misura della tensione deve essere effettuata con assorbimenti di corrente

ancora più piccoli ed allora occorre seguire altri metodi di misura. Altre volte questi diversi metodi di misura vengono preferiti a quelli, ancora accettabili, che si basano sull'impiego dei galvanometri ultrasensibili, in seguito alla delicatezza e al costo di tali strumenti.

Non è facile elencare tutti i casi in cui si presenti l'esigenza suddetta; a titolo di orientamento vogliamo ricordarne alcuni caratteristici.

### a) MISURA DI TENSIONI.

La misura di tensioni con metodi diretti senza assorbimento di corrente diviene necessaria quando la sorgente della tensione non è in grado di erogare neppure la debolissima corrente assorbita dagli indicatori di corrente più sensibili: ciò può dipendere per esempio dalla grandissima resistenza interna della sorgente.

Tale caso si presenta in numerosi studi di elettrochimica ed in particolare nella misura del cosiddetto  $p_H$  con elettrodi di vetro.

Si chiama  $p_H$  la misura, espressa in unità logaritmiche, della diluizione degli ioni di idrogeno in una soluzione; da essa dipende il comportamento acido, neutro o alcalino della soluzione e costituisce un importantissimo rilievo in molti processi chimici e biologici da laboratorio ed industriali (1).

Il potenziale elettrico che un elettrodo normalizzato assume rispetto alla soluzione dipende dalla

(1) Per una più precisa definizione del  $p_H$  e della sua importanza si veda per esempio la voce « Acidità » nel Dizionario Tecnico Industriale di ALBENGA E PERUCCA - UTET, 1944, Torino.

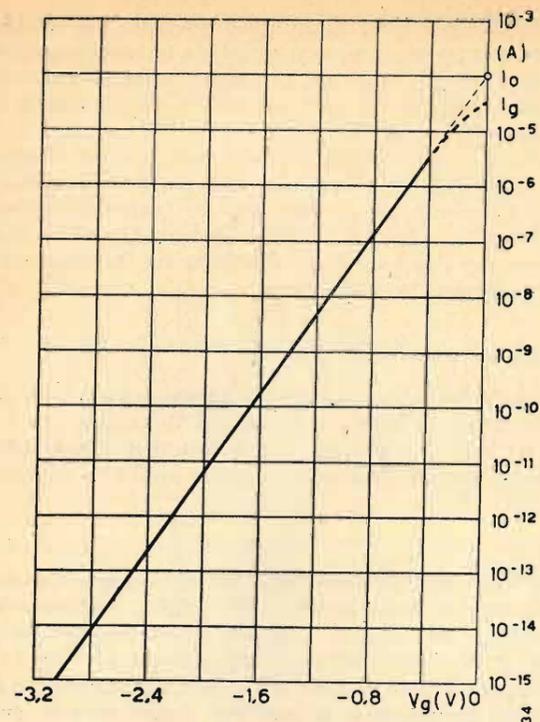


Fig. 1. — Andamento della corrente di griglia dovuta all'effetto della velocità con cui gli elettroni vengono emessi dal catodo.

diluizione degli ioni di idrogeno, cioè dal  $p_H$  e vi è una relazione di proporzionalità inversa fra tensione dell'elettrodo e  $p_H$ .

Gli elettrodi più adatti ad evitare errori nella determinazione del potenziale suddetto sono in vetro; essi però presentano resistenze elettriche molto elevate dell'ordine di  $10^7$  ohm. Per misurare il potenziale con errori inferiori ad alcuni millivolt si richiede perciò uno strumento con assorbimento inferiore a  $10^{-10}$  A, giungendo così ai limiti delle possibilità offerte dai più sensibili e delicati galvanometri.

### b) MISURE DI CORRENTI PICCOLISSIME.

Un metodo indiretto per la misura di debolissime correnti consiste, come s'è detto, nel misurare, con un voltmetro senza assorbimento di corrente, la tensione all'estremità di una resistenza sufficientemente grande, percorsa dalla corrente da misurare. L'impiego di tale metodo può risultare conveniente per intensità inferiori a  $10^{-7}$  ÷  $10^{-8}$  A, sia per evitare l'uso di strumenti troppo delicati, sia perchè oltre  $10^{-10}$  A anche questi ultimi non presentano sensibilità sufficiente.

Misure di correnti così ridotte si possono presentare in numerosi casi come per esempio nella determinazione delle correnti di griglia di tubi elettronici bene isolati e vuotati; nello studio dei fenomeni della foto-elettricità, nell'impiego delle cellule fotoelettriche per la determinazione di intensità luminose estremamente ridotte come avviene per esempio nella fotometria stellare usata nei rilievi astronomici, ecc.

### c) MISURA DI CARICHE ELETTRICHE.

Per la determinazione di cariche elettriche molto piccole si può misurare la tensione  $V$  di carica di un condensatore di capacità nota  $C$  per cui si ha  $Q = CV$ .

Il misuratore della tensione  $V$  deve assorbire una corrente sufficientemente piccola in modo che, durante il tempo di inserzione (la cui durata deve consentire una corretta lettura), il condensatore non venga apprezzabilmente scaricato.

Il metodo si adoperava anche per la determinazione di debolissime correnti  $I$ , le quali in un tempo  $t$  accumulano la carica  $Q = It$  per cui  $I = Q/t = CV/t$ .

Questo metodo è molto usato nella determinazione delle cariche elettriche elementari, nella misura dell'intensità delle radiazioni radioattive e di tutte le cause di ionizzazione dei gas ed in molte altre misure e determinazioni nel campo della fisica.

\* \* \*

Nei casi sopra elencati occorre quindi disporre di un misuratore di tensione avente un assorbimento di corrente quanto più è possibile ridotto ed inferiore alle più ridotte correnti misurabili con i galvanometri. Questo misuratore di tensione invece che con il nome di voltmetro viene più spesso chiamato elettrometro od anche voltmetro elettrometrico.

Col nome di elettrometri vengono indicati propriamente quegli strumenti che sono basati sulle azioni elettrostatiche fra due elettrodi isolati. Questi strumenti, quando debbono raggiungere le sensibilità richieste nelle misure ora considerate, divengono di costruzione almeno altrettanto delicata e fragile di quella dei più sensibili galvanometri e il loro impiego non è certo più agevole e spedito.

Un altro principio adatto ad attuare uno strumento indicatore di tensione con ridottissimo assorbimento è quello di usare un tubo elettrometrico cioè un tubo la cui griglia, nel campo dei potenziali negativi, assorba una corrente estremamente ridotta cioè ancora molto più piccola di quella, pur così ridotta, che si ha in un tubo normale. Per il resto il dispositivo è basato sul principio di un normale voltmetro elettronico per corrente continua cioè: variando la polarizzazione di griglia  $V_g$ , mediante l'inserzione in tale circuito della tensione da misurare, varia la corrente anodica  $I_a$ . Poichè, a parità di altre condizioni, ad ogni valore  $I_a$  corrisponde un determinato valore di  $V_g$  e viceversa, è possibile determinare  $V_g$  (o le sue variazioni rispetto al valore di riposo) misurando  $I_a$  (o le sue variazioni rispetto al valore di riposo).

Per questo tipo di strumento, oggetto del presente studio, useremo il termine « voltmetro elettrometrico ».

## 2. La corrente di griglia.

In un tubo elettronico quando la griglia è a potenziale negativo si manifesta una debolissima corrente di senso inverso a quello della corrente elettronica principale. Tale corrente nei tubi normali è dell'ordine dei decimi di microampere ( $10^{-7}$  A) ma può essere ridotta a valori estremamente più piccoli se si prendono particolari precauzioni. Consideriamo perciò quali sono le cause che provocano la corrente di griglia nel campo dei potenziali negativi; esse sono:

a) la corrente elettronica di lancio in prossimità di  $V_g = 0$ ;

b) la corrente ionica dovuta alla presenza di gas nell'interno dell'ampolla;

c) l'emissione di griglia;

d) la corrente di dispersione.

a) CORRENTE ELETTRONICA DI LANCIO.

La corrente elettronica di lancio è dovuta alla velocità con cui gli elettroni sono emessi dal catodo e scagliati verso gli elettrodi. Essa, a differenza delle altre, ha ovviamente il senso della corrente elettronica principale.

Consideriamo la parte di tale corrente che viene raccolta dall'elettrodo di comando (griglia); questa assume il valore  $I_0$  per  $V_g = 0$  e decresce, al crescere della polarizzazione negativa di griglia, con la ben nota legge esponenziale:

$$[1] \quad I_g = I_0 \varepsilon^{eV_g/(kT)}$$

dove:  $\varepsilon$  = base dei logaritmi neperiani = 2,718...,  $e$  = carica dell'elettrone =  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C,  $k$  = costante di Boltzmann =  $1,37 \cdot 10^{-23}$  joule/°K e  $T$  = temperatura assoluta del filamento in °K (= °C + 273).

Da tale legge si deduce subito che per ottenere una  $I_g$  molto piccola occorre ridurre al minimo la temperatura  $T$  di accensione del catodo sia perchè si ingrandisce l'esponente negativo ( $V_g$  è negativo) di  $\varepsilon$ , sia perchè diminuisce  $I_0$ . Naturalmente  $T$  non può essere ridotta al di sotto dei limiti che consentono di ottenere una sufficiente corrente anodica.

Assumendo per il catodo una temperatura di soli 750° K (477 °C) la [1] diventa:

$$[1'] \quad I_g = I_0 \varepsilon^{15,5 V_g} = I_0 \cdot 10^{3,57 V_g}$$

Allora se  $I_0$  ha per esempio il valore  $10^{-4}$  A (100  $\mu$ A) si ottiene l'andamento rappresentato, in scala semi-logaritmica, in figura 1.

b) CORRENTE IONICA.

È dovuta alla ionizzazione (provocata dagli elettroni che formano la corrente principale) delle molecole di gas ancora presenti nell'interno dell'ampolla. Gli ioni positivi provocati dall'urto fra gli elettroni e le molecole, vengono attratti dall'elettrodo più negativo: la griglia, nel cui circuito si stabilisce quindi una corrente di senso contrario a quello della corrente principale.

Il numero di urti, cioè la ionizzazione, è ovviamente proporzionale al numero di elettroni primari; perciò la corrente ionica di griglia risulta proporzionale alla corrente anodica. Per ridurre al minimo tale corrente occorre naturalmente spingere al massimo possibile il grado di vuoto nell'interno dell'ampolla.

c) EMISSIONE DI GRIGLIA.

L'elettrodo di controllo può emettere elettroni per diverse cause e principalmente:

1) per effetto termoelettrico: infatti per vaporizzazione l'ossido di bario e il bario metallico possono depositarsi sull'elettrodo di controllo, il quale può assumere una temperatura abbastanza elevata per effetto dell'irradiazione termica del catodo. Per ridurre al minimo tale effetto conviene mantenere il catodo alla più bassa temperatura possibile ed evitare che la griglia possa riscaldarsi apprezzabilmente assegnandole una notevole superficie di irradiazione del calore;

2) per effetto fotoelettrico. L'emissione fotoelettrica da parte della griglia può essere provocata sia dalla luce emessa dal catodo (si aggiunge quindi ancora una ragione per mantenerne bassa la temperatura) sia da raggi X emessi dall'anodo colpito dagli

elettroni; per ridurre al minimo quest'ultimo effetto occorre ridurre al minimo possibile la tensione anodica in modo che gli elettroni giungano sulla placca con velocità insufficiente per provocare un'apprezzabile emissione di raggi X.

Solo la parte dell'emissione fotoelettrica dipendente dai raggi X è funzione della corrente anodica; poichè questa parte si può rendere trascurabile con una tensione anodica sufficientemente bassa, si può ritenere che l'emissione fotoelettrica sia indipendente dalla polarizzazione di griglia.

d) CORRENTE DI DISPERSIONE.

L'isolamento fra catodo e griglia non è ovviamente infinito e lungo la resistenza di isolamento fra tali elettrodi si stabilisce una corrente di dispersione pressochè proporzionale alla tensione applicata fra essi.

\* \* \*

In base alle considerazioni sopra esposte l'andamento teorico della corrente di griglia, trascurando l'emissione di griglia, assume l'andamento della figura 2 dove la curva a) rappresenta la corrente elettronica di lancio corrispondente alla figura 1; la curva b) rappresenta la corrente ionica che si può ottenere con un grado di vuoto molto spinto e la retta d) rappresenta la corrente di dispersione corrispondente ad una resistenza d'isolamento dell'elettrodo di comando rispetto al catodo di

$$10/(0,5 \cdot 10^{-15}) = 2 \cdot 10^{16} \text{ ohm}$$

cioè di ventimila milioni di megaohm.

La curva a tratti rappresenta la corrente totale.

In realtà nelle caratteristiche rappresentate in figura 2 la tensione portata in ascisse è quella totale e perciò comprende, oltre alla tensione applicata esternamente al circuito, anche la tensione dovuta alla differenza dei potenziali intrinseci dei metalli di cui sono formati il catodo e l'elettrodo di comando. Se quest'ultimo è di nichelio e il catodo è ad ossidi di bario e di stronzio, la suddetta differenza dei potenziali di contatto è dell'ordine di 2 volt con la griglia negativa rispetto al catodo. Perciò se si vuole ottenere un potenziale di griglia negativo di complessivi

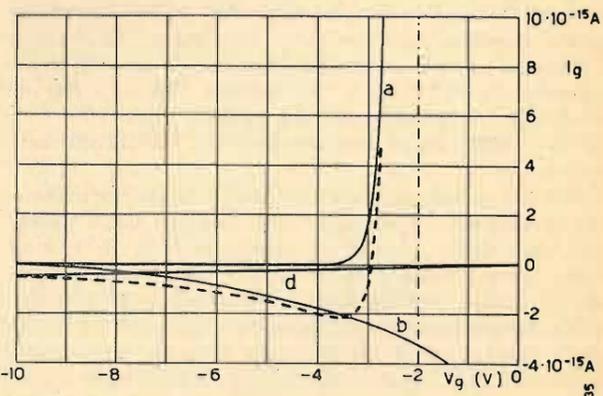


Fig. 2. — Caratteristiche teoriche della corrente di griglia di un tubo elettrometrico: a) corrente elettronica di lancio; b) corrente ionica; d) corrente di dispersione; la caratteristica a tratti dà la corrente totale somma delle altre tre. La tensione portata in ascisse comprende anche il potenziale di contatto di circa 2 volt; se si vuol fare riferimento al solo potenziale di polarizzazione applicato nel circuito esterno occorre traslare le caratteristiche verso destra di circa 2 volt, cosicchè l'asse delle ordinate per polarizzazione esterna nulla diviene quello segnato a punto e tratto.

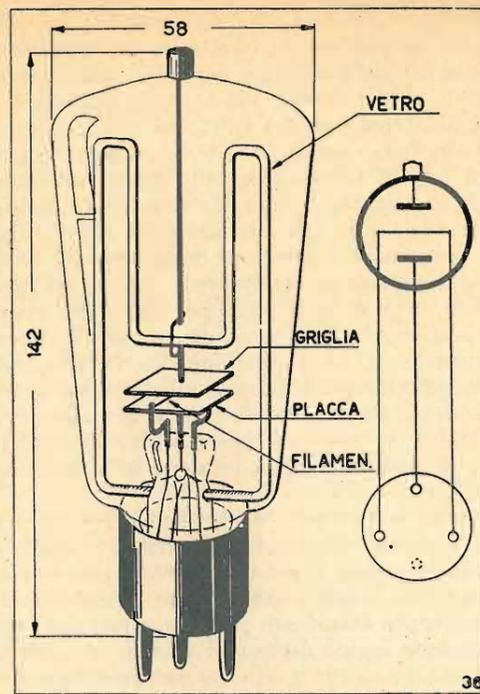


Fig. 3. — Struttura e connessione allo zoccolo del tubo elettrometrico Philips 4060.

— 4 volt basterà applicarne nel circuito esterno circa — 2 volt. In altre parole se le caratteristiche si vogliono riferire al potenziale di polarizzazione effettivamente applicato all'esterno occorre traslarle verso destra di circa 2 volt che, come s'è detto, è la differenza dei potenziali di contatto fra i metalli che costituiscono i due elettrodi; perciò l'asse delle ordinate per polarizzazione esterna nulla diviene quello segnato a punto e tratto in figura 2.

3. Il tubo elettrometrico Philips 4060.

Per attuare il voltmetro elettrometrico oggetto del presente lavoro, si è utilizzato il triodo elettrometrico Philips 4060 la cui struttura è illustrata in figura 3 (v. bibl. 5).

La griglia è una piastrina di nichelio puro sopportata da un bastoncino di vetro ripiegato in modo da ottenere un cammino molto lungo per le correnti di dispersione. Il reoforo della griglia è collocato in sommità del bulbo onde mantenerlo estremamente isolato. Il vetro è scelto con particolare cura.

Ovviamente nell'impiego del tubo non bisogna frustrare tutte le precauzioni prese nella costruzione per ridurre al minimo la corrente di dispersione con un insufficiente isolamento del morsetto a cui fa capo la griglia. Inoltre, poichè la corrente di dispersione scorre anche lungo la superficie esterna del bulbo, occorre curarne la pulizia.

La grande superficie assegnata alla griglia favorisce la dispersione del calore cosicchè tale elettrodo si mantiene a bassa temperatura. Ciò unitamente alla bassa tensione anodica (4 volt) ed alla bassa temperatura del catodo, riduce a valori trascurabili la emissione di griglia.

Le caratteristiche fornite dalla Casa per il tubo usato sono riportate nella figura 4.

4. Circuito di principio e sua instabilità.

Il circuito di principio è quello di un normale voltmetro elettronico ad un triodo per tensioni continue ed è rappresentato in figura 5 a. Il suo funzionamento è ovvio. Variando il potenziale di griglia varia la corrente anodica  $I_a$  e quindi l'indicazione dello strumento inserito nel circuito anodico. Per ottenere una deviazione nulla allorchè  $V_x$  è zero si può inviare nello strumento una corrente  $I_0$  (fornita dalla batteria  $V_0$  attraverso la resistenza  $R$ ) uguale e di senso opposto alla corrente anodica di riposo  $I_{0a}$ , cosicchè lo strumento indica solo le variazioni di  $I_a$  rispetto al valore di riposo  $I_{0a}$ .

È ovvio che tale circuito risente in maniera inaccettabile ogni ancorchè piccola variazione della tensione delle diverse batterie. Esso non si presta perciò ad attuare uno strumento adatto ad essere tarato ed a conservare la taratura, e neppure uno strumento adatto ad essere usato come indicatore di zero perchè la condizione  $I_0 = I_{0a}$ , se le batterie non sono tutte molto stabili, non si conserva e quindi lo zero dello strumento va slittando anche durante la misura.

Circuiti intesi ad ottenere una maggiore stabilità furono suggeriti a più riprese (bibl. 1, 2, 3, 6) e si basano sostanzialmente sull'impiego di un'unica batteria che fornisce, sotto forma di cadute di tensione lungo altrettante resistenze, tutte le tensioni necessarie al circuito come è indicato in figura 5 b. Una unica regolazione, effettuata mediante il reostato  $R_s$  ed un'unica verifica della tensione totale fra i punti A e B, consente di riportare il circuito sempre nelle stesse condizioni di regolazione.

In questo circuito la batteria è abbastanza caricata giacchè la corrente assorbita risulta almeno uguale alla corrente di accensione del tubo (tempo fa questa, per il tubo Philips 4060, era di 0,7 A). Ciò può portare ad una apprezzabile diminuzione della sua tensione  $V$  durante le misure e quindi alla necessità di frequenti ritocchi del reostato  $R_s$ .

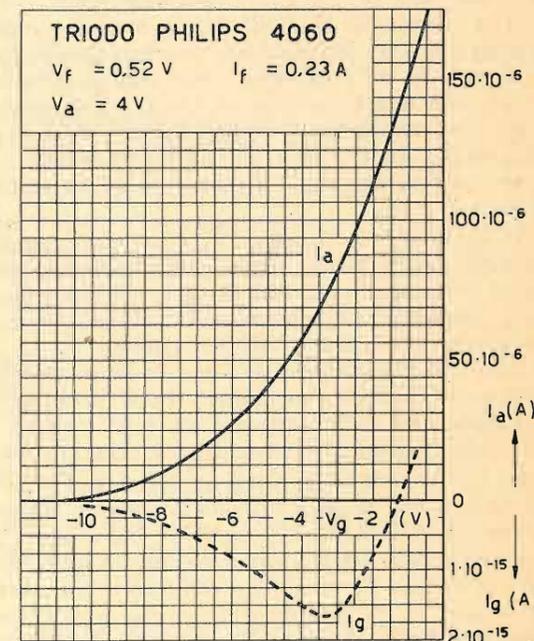


Fig. 4. — Caratteristiche del tubo elettrometrico Philips 4060.

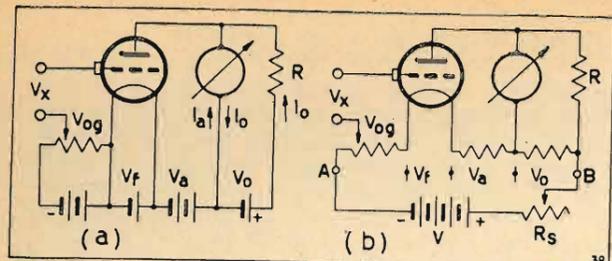


Fig. 5. — Circuiti di impiego del tubo elettrometrico: a) alimentazione con batterie distinte; b) alimentazione ricavata da un'unica batteria per ottenere una maggiore stabilità.

### 5. Perfezionamenti apportati al circuito.

Ogni aumento della tensione tra  $A$   $B$  comporta l'aumento sia della tensione  $V_{og}$  sia quello della  $V_a$ ; questi due aumenti hanno effetti contrastanti su  $I_a$  e praticamente si elidono. Si ha inoltre un aumento di  $V_o$  che dovrebbe far prevalere  $I_o$  su  $I_{oa}$  ma, infine, vi è un aumento di  $V_f$  ed è questo che determina l'effetto dominante per cui ogni aumento della tensione fra  $A$   $B$  ha come conseguenza una prevalenza della corrente  $I_{oa}$  sulla  $I_o$  che prima era sufficiente per la compensazione, e viceversa. Ciò dipende dai seguenti fatti: a) la resistenza del filamento non è costante ma cresce con la sua temperatura cioè con la corrente, quindi la  $V_f$  aumenta (o diminuisce) più rapidamente delle altre tensioni che si stabiliscono su resistenze costanti; b) l'emissione elettronica (e quindi anche  $I_a$ ) cresce con legge esponenziale ossia molto rapidamente al crescere della temperatura del filamento.

Per compensare, almeno in parte, questi effetti con mezzi molto semplici, nel circuito usato per il voltmetro elettrometrico in parola sono stati adottati i seguenti provvedimenti (fig. 6):

1) si è derivato sul filamento un resistore di valore costante capace di assorbire una corrente almeno dello stesso ordine di grandezza di quella richiesta per l'accensione, in tal modo gli aumenti della tensione  $V_f$  rimangono quasi proporzionali a quelli della tensione totale di alimentazione;

2) la caduta di tensione  $V_{og}$  è ottenuta quasi interamente lungo un resistore termico (lampadina micromignon) la cui resistenza cresce con la corrente. Si ottiene così una polarizzazione negativa di griglia che cresce più rapidamente della tensione di alimentazione totale. In tal modo si riduce l'aumento di corrente anodica dovuto all'aumento dell'emissione elettronica;

3) la caduta di tensione  $V_o$  è ottenuta interamente lungo un resistore termico (lampadina micromignon). Si ottiene così una corrente di compensazione  $I_o$  crescente più rapidamente di quanto non cresca la totale tensione di alimentazione.

Si noti che l'inserzione dei due resistori termici (lampadine) nel circuito di alimentazione favoriscono la stabilizzazione della corrente in tale circuito e quindi la costanza della corrente di accensione del tubo;

4) il commutatore  $K_1$  (fig. 6) consente di utilizzare lo strumento indicatore come voltmetro (la cui resistenza addizionale è  $R_v$ ) derivato fra i punti  $A$  e  $C$  per una rapida verifica della tensione di alimentazione. Riportando l'indice dello strumento, mediante la regolazione di  $R_s$ , sempre sulla stessa posizione ci si assicura della costanza della corrente di alimentazione, con grande facilità e rapidità.

### 6. Vantaggi conseguiti.

Con le modifiche introdotte si è raggiunto in primo luogo il risultato che, per una variazione della tensione di alimentazione del  $\pm 3\%$ , si ottiene una tensione di accensione del tubo che varia di circa il  $\pm 2,5\%$  in luogo del  $\pm 5 \div 6\%$  come nel circuito di figura 5 b. Si ottiene così all'incirca un dimezzamento delle variazioni della tensione di accensione a parità di variazioni della tensione di alimentazione.

Non solo, ma le variazioni della corrente anodica dovute alla residua variazione della tensione di accensione sono in gran parte compensate dalle contemporanee variazioni della tensione di polarizzazione e della tensione di compensazione  $V_o$ . Infatti, con le modifiche introdotte, le variazioni della corrente nel galvanometro, risultarono da 15 a 25 volte minori di quelle che si avevano nel circuito di figura 5 b a parità di variazioni della tensione di alimentazione tra  $A$  e  $B$ .

La costante di tempo degli elementi variabili nel circuito, cioè del filamento del triodo e delle due lampadine  $L_1$  ed  $L_2$ , è per tutti dello stesso ordine di grandezza. Ciò è molto importante affinché le compensazioni sopra esaminate possano verificarsi approssimativamente anche durante i periodi transitori. In caso contrario una repentina variazione della tensione di alimentazione porterebbe ad una brusca e notevole alterazione della condizione di equilibrio in seguito al fatto che, per esempio, uno o due degli elementi variabili si mettono prontamente a regime con la nuova tensione di alimentazione e solo più tardi tale alterazione è compensata dall'intervento degli elementi più lenti a mettersi a regime. È per questa ragione che si è evitato di utilizzare le ulteriori compensazioni che si potrebbero ottenere utilizzando per  $R_2$  ed  $R_3$  (fig. 6) resistori con coefficiente di temperatura negativo. Non sono infatti di facile reperimento resistori di tal genere con costante di tempo adatta e con valori resistivi opportuni.

Finora si è fatto riferimento principalmente a quella che si può chiamare la « stabilità di zero ». Se si vuole attuare uno strumento « tarato » in volt, occorre ovviamente occuparsi anche della « stabilità di taratura ». Questa dipende logicamente dalla co-

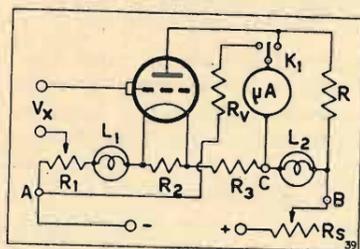


Fig. 6. — Circuito usato per ottenere un miglioramento della stabilità.

stanza della pendenza  $S = \Delta I_a / \Delta V_g$  della caratteristica mutua  $I_a = f(V_g)$  (curva segnata con linea continua in figura 4). Tale pendenza dipende in misura molto importante dalla temperatura del filamento e dalla polarizzazione di griglia. Si può affermare che a parità di corrente anodica si ha uguale pendenza. Pertanto tutti gli espedienti intesi a mantenere costante la corrente anodica ed in particolare quelli descritti ai numeri 1) e 2) nel paragrafo precedente, contribuiscono a migliorare la « stabilità di taratura ». Questa, nello strumento in parola è tale che, variazioni della tensione di alimentazione fra  $A$  e  $B$  del-

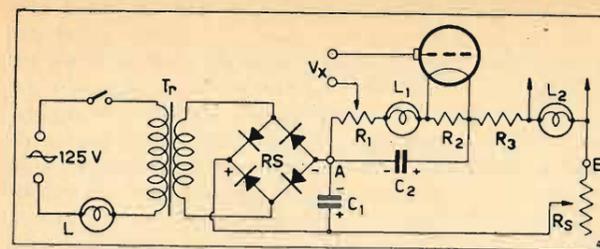


Fig. 7. — Alimentazione in corrente alternata del circuito precedente, stabilizzata mediante l'impiego della lampada  $L$  e di un trasformatore con nucleo saturato.

l'1% (che sono peraltro facilmente rilevabili commutando  $K_1$  sulla posizione di taratura e facilmente correggibili mediante  $R_s$ ) portano a variazioni della taratura di fondo scala inferiori all'1,5%.

Queste considerazioni consentirono di attuare un voltmetro direttamente tarato usando come strumento un microamperometro da  $5 \mu A$  in fondo scala che si può trovare in commercio ad un prezzo relativamente basso. Le portate scelte furono quelle di 1 volt e 2 volt fondo scala. In una nuova attuazione, in base all'esperienza fatta sullo strumento già costruito, non sarebbe azzardato ridurre la portata minima fino a 0,5 e forse anche a 0,3 volt fondo scala.

### 7. Alimentazione in corrente alternata.

L'apparecchio richiede fra i morsetti  $AB$  una tensione continua di 9,5 volt con una corrente di 0,4 A. Il reostato di regolazione  $R_s$  consente di portare lo strumento in taratura fra 9,5 ( $R_s = 0$ ) e 13,5 V ( $R_s = 10$  ohm) cosicché l'alimentazione si può effettuare con una normale batteria di accumulatori da 12 V.

Pur conservando all'apparecchio la suddetta possibilità dell'alimentazione in corrente continua mediante accumulatori si è pensato di aggiungere un adatto alimentatore per poter trarre l'energia necessaria per il suo funzionamento dalla rete di distribuzione a corrente alternata.

Ovviamente un alimentatore che fornisca una dozzina di volt con 0,4 A dovrà far uso di un raddrizzatore a secco. Si è usato un raddrizzatore al selenio a ponte di Grätz. Occorreva peraltro provvedere alla stabilizzazione della tensione fornita onde evitare che le continue variazioni della tensione di rete compromettessero la possibilità di impiego dello strumento.

I metodi che possono essere adottati nel caso in esame sono pochi: occorre infatti escludere, data la bassa tensione e la notevole corrente richiesta, l'impiego di tubi stabilizzatori a scarica luminescente; sono altresì da escludere per la stessa ragione i metodi che fanno uso di tubi elettronici. Restano pertanto l'impiego dei trasformatori a ferro saturo (2) e l'impiego di elementi anomali quali i termistori e soprattutto i resistori a ferro idrogeno. L'impiego dei trasformatori a ferro saturo, oltre a deformare notevolmente le correnti in giuoco, trasformano in variazioni di tensione le variazioni di frequenza della linea che sono spesso abbastanza importanti. I termistori non sono ancora sufficientemente sperimentati e non sono facilmente reperibili con le caratteristiche richieste.

(2) DILDA G.: Autoregolatori di tensione a ferro saturo. « Elettrotecnica », I, n. 3, marzo 1946, p. 102.

Infine i resistori a ferro idrogeno (3), che consentono un'ottima soluzione, non si trovano facilmente per i valori di tensione e di corrente richiesti nel nostro caso.

Si è perciò adottato un sistema misto che si ritiene nuovo. Esso consiste nell'impiego di un trasformatore a ferro saturato in serie con una resistenza rapidamente crescente al variare della temperatura come quella offerta da una normale lampadina elettrica con filamento di tungsteno.

Il circuito relativo è illustrato in figura 7. Il trasformatore  $T_r$  ha il nucleo saturato e la lampada  $L$  limita in esso la corrente primaria. La tensione fornita al secondario è, come si vedrà, quasi costante e viene raddrizzata dal raddrizzatore al selenio  $RS$  e spianata dai condensatori elettrolitici  $C_1$  (500  $\mu F$ ) e  $C_2$  (250  $\mu F$ ). Il carico è costituito dal circuito già riportato in figura 6.

Il comportamento del circuito stabilizzatore in corrente alternata è illustrato in figura 8. La curva più marcata rappresenta l'andamento della corrente assorbita dal primario del trasformatore in funzione della tensione ad esso applicata. La curva segnata con linea continua più sottile rappresenta la caratteristica  $I = f(V)$  della lampada  $L$  riferita ad una scala delle tensioni che parte da 120 V e procede verso lo zero.

Se la tensione applicata ai due elementi in serie — primario del trasformatore e lampada — è di 120 V il punto di funzionamento coincide con il punto  $P$  di intersezione delle due curve, cioè la tensione applicata si suddivide in modo che 72 V risultano applicati al primario del trasformatore mentre i rimanenti  $120 - 72 = 48$  V risultano applicati alla lampada. Se per una causa qualsiasi (variazioni della tensione di rete) la totale tensione applicata aumenta fino a 140 V o diminuisce fino a 100 V la caratteristica della lampada risulta traslata di  $\pm 20$  volt (linee a tratti) e il punto di funzionamento diviene rispettivamente  $P'$  o  $P''$  a cui corrispondono le tensioni primarie di 70 e 74 volt. Si è così ottenuto che una variazione di  $\pm 20$  volt su 120 (16,7%) si riduca ad una variazione della tensione primaria di  $\pm 2$  volt su 70

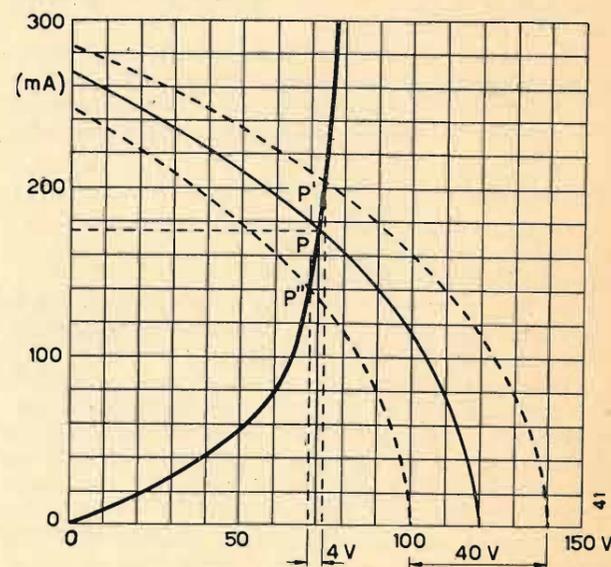


Fig. 8. — Determinazione grafica dell'effetto stabilizzatore ottenuto con il circuito di figura 7.

(3) TATTARA G.: Tubi stabilizzatori di corrente a ferro idrogeno. « Elettrotecnica », II, n. 2, febbraio 1947, p. 58.



Veduta esterna del voltmetro elettrometrico attuato secondo i principi illustrati nel testo.

( $\pm 2,86\%$ ) cioè percentualmente le variazioni della tensione primaria (e quindi anche quelle al secondario del trasformatore) sono 5,8 volte più piccole di quelle della rete.

Per ottenere un notevole effetto stabilizzatore occorre che l'effetto di saturazione nel nucleo del trasformatore sia accentuato il che richiede l'impiego di un ferro adatto; in particolare è opportuno che tale ferro sia a piccole perdite anche per evitare che il riscaldamento del trasformatore, durante il funzionamento, non risulti eccessivo.

Naturalmente una stabilizzazione ancora più efficace si può ottenere usando, in luogo di una lampada normale, una resistenza a ferro idrogeno; in tal caso anzi non si richiede neppure la saturazione del ferro del trasformatore.

Si osservi che nei casi ora considerati si ha un funzionamento del trasformatore a corrente costante e che l'impiego di tale tipo di stabilizzazione è possibile perchè il carico secondario rimane costante.

### 8. Conclusioni.

Le figure fuori testo illustrano l'aspetto esterno e quello interno del voltmetro elettrometrico attuato secondo i criteri sopra esposti.

In esso il tubo è contenuto in una scatola che lo protegge dalla luce la quale potrebbe far aumentare l'emissione fotoelettrica di griglia.

Il morsetto di griglia che si vede in testa alla calotta che protegge il tubo è direttamente infilato sul cappuccio che si trova in testa al bulbo senza l'intermediario di nessun isolante; esso è provvisto di un disco che impedisce alla luce di penetrare nell'interno della scatola che contiene il tubo.

È opportuno far nuovamente rilevare che, con mezzi estremamente semplici (che in sostanza consistono nell'impiego di un resistore di valore costante in derivazione sul filamento e di due lampadine di caratteristiche adatte nel ramo a corrente continua,

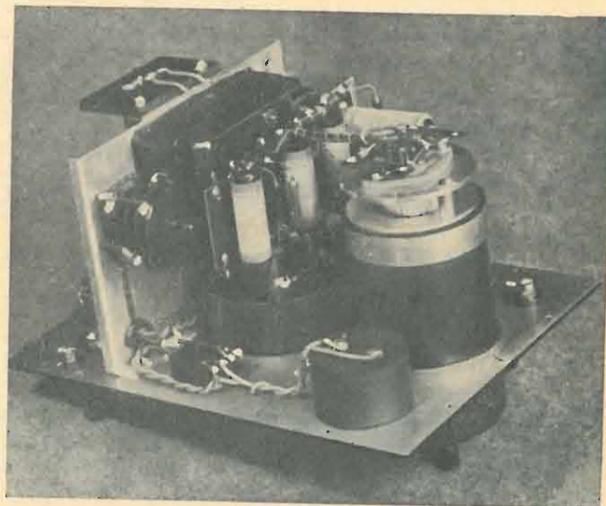
di un trasformatore saturato e di una lampada normale per illuminazione nel ramo a corrente alternata) è stato possibile ottenere un effetto stabilizzatore nel circuito del voltmetro elettrometrico sufficiente per conseguire, non solo una adeguata stabilità dello zero, ma altresì una stabilità di taratura dell'apparecchio che ha consentito la sua taratura direttamente in volt.

Una vera e propria misura della corrente di griglia assorbita dal voltmetro (cioè dal tubo) non si è potuta effettuare; si è però fatta la seguente verifica della sua piccolezza: durante la taratura si è inclusa nel circuito di griglia del voltmetro una resistenza di 1000 megaohm (la massima che si è potuta realizzare con valore conosciuto con sufficiente precisione); essa poteva, a volontà, essere inclusa o cortocircuitata. La sua inserzione non portava a nessuna apprezzabile variazione della taratura in nessun punto delle due scale. Poichè l'apprezzamento sull'indice dello strumento è dell'ordine di 0,01 volt ciò significa che la corrente in circolazione era certamente minore di:

$$I_g = \frac{\Delta V_g}{R} = \frac{0,01}{10^9} = 10^{-11} \text{ A.}$$

Lo strumento si è poi dimostrato perfettamente rispondente allo scopo per cui era stato realizzato e cioè per la misura diretta del  $p_H$  usando elettrodi in vetro.

(17) Pervenuto il 29 - 11 - 1951.



Veduta interna dell'apparecchio.

### BIBLIOGRAFIA

- 1 - DU BRIDGE L. A., BROWN H.: *An Improved d.c. Amplifying Circuit*. «The Review of Scientific Instruments», IV, ottobre 1933, p. 532.
- 2 - HARNWELL G. P., VAN VOORHIS S. N.: *A Balanced Electrometer Tube and Amplifying Circuit for small Direct Currents*. «The Review of Scientific Instruments», V, luglio 1934, p. 244.
- 3 - PENICK D. B.: *Direct-Current Amplifier Circuits for Use with the Electrometer Tube*. «The Review of Scientific Instruments», VI, aprile 1935, p. 115.
- 4 - KLEEN W., GRAFFUNDER W.: *Verstärkerröhren Elektrometerröhren*. «A. T. M.», giugno 1937, pp. 81-82.
- 5 - VAN SUCHTELEN H.: *Le triode électromètre et ses applications*. «Revue tech. Philips», V, n. 2, febbraio 1940, p. 54.
- 6 - VICTOREEN J. A.: *Electrometer Tubes for the Measurements of small Currents*. «Proc. I. R. E.», XXXVII, 1949, p. 432.

## L'OSCILLOGRAFO COME RIVELATORE DI EQUILIBRIO DEI PONTI IN CORRENTE ALTERNATA

Dott. Ing. GIOVANNI TAMBURELLI  
della STIPEL

**SOMMARIO** - Si esamina un metodo di equilibrio dei ponti in corrente alternata con due sole regolazioni, per il quale l'oscillografo costituisce il tipico rivelatore di azzerramento. Dopo una descrizione del metodo ne viene interpretato il funzionamento in ponti inizialmente poco squilibrati, e vengono studiati gli schemi fondamentali, per estenderne l'applicazione a ponti inizialmente molto squilibrati.

**SOMMAIRE** - On examine une méthode qui permet d'équilibrer des ponts en courant alternatif au moyen de deux seules régulations. Pour cette méthode l'oscillographe représente le révélateur typique de zéro. Après une description de la méthode, on examine son fonctionnement dans des ponts initialement peu déséquilibrés et on étudie les schémas fondamentaux pour en étendre son application à des ponts initialement très déséquilibrés.

**SUMMARY** - This article examines a method for the equilibration of AC bridges by two adjustments only, for which an oscillograph acts as a typical zero-indicator. After a description of the method itself, the article studies its working in slightly unequilibrated bridges; the fundamental circuits are then studied, for the extension of its use to much unequilibrated bridges.

### 1. Circuito di principio.

È noto che per equilibrare un qualunque ponte in corrente alternata è necessario variare almeno due parametri elettrici opportunamente scelti, e che si devono compiere alternative manipolazioni di tali parametri per raggiungere, attraverso successivi minimi, l'azzerramento della tensione di squilibrio.

Esiste però un metodo, descritto forse per la prima volta in un articolo di Lamson comparso nel 1938<sup>(1)</sup>, che permette di ottenere l'equilibrio con due sole manovre successive, vale a dire variando una sola volta i due parametri del ponte. È evidente l'utilità di un simile metodo specie allorché il ponte richiede un equilibrio molto laborioso.

Lo scopo del presente articolo è quello di spiegare il funzionamento del predetto metodo, determinare le condizioni da rispettare per la sua validità e ricavare gli schemi per estendere la sua pratica applicazione.

Lo schema generale per la sua applicazione è rappresentato in figura 1. In esso sono indicati:

- 1) Il ponte da equilibrare.
  - 2) Un amplificatore della tensione di squilibrio. Esso deve avere una impedenza di ingresso sufficientemente elevata in modo da assorbire una corrente praticamente nulla dalla diagonale di equilibrio del ponte.
  - 3) Un variatore di fase, all'ingresso del quale viene applicata tutta o parte della tensione di alimentazione, che deve fornire una tensione di fase opportuna.
  - 4) Un indicatore al quale sono applicate entrambe le tensioni fornite dall'amplificatore e dal variatore di fase.
- L'indicatore può essere costituito da un oscillografo, come è riportato nell'articolo su indicato, o da uno strumento a bobina mobile a zero centrale inserito in un opportuno circuito, come in uno strumento

(1) LAMSON H. W.: *An electronic null detector for impedance bridges*. «Rev. Sci. Instr.», IX, settembre 1938, pp. 272-275.

di misura realizzato dalla General Radio<sup>(2)</sup>. Nel presente articolo si supponrà che venga impiegato l'oscillografo, il quale ha il vantaggio di permettere una visualizzazione più completa delle fasi di equilibrio e di distinguere facilmente le eventuali componenti armoniche della tensione di squilibrio. Del resto le considerazioni che saranno fatte avranno valore anche per il caso in cui si faccia uso di uno strumento a bobina mobile.

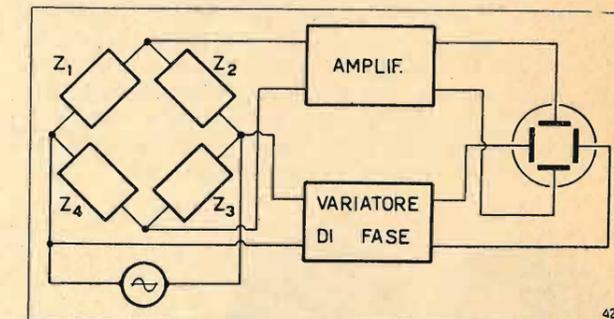


Fig. 1. - Schema generale per l'applicazione del metodo di equilibrio con due sole regolazioni.

La tensione di uscita dell'amplificatore viene portata alle placchette di deflessione verticale dell'oscillografo mentre la tensione di uscita del variatore di fase viene portata alle placchette di deflessione orizzontale.

In condizione di ponte squilibrato queste due tensioni sono generalmente sfasate, e sullo schermo dell'oscillografo compare un'ellisse (fig. 2 a) quale risultante dei due moti sinusoidali, sfasati tra di loro, del raggio elettronico lungo l'asse verticale e lungo l'asse orizzontale.

Se la fase della tensione di uscita del variatore ha un valore opportuno succede che, agendo su uno

(2) The type 1670-A magnetic test set. «The General Radio Experimenter», XXIII, 3, agosto 1948, pp. 1-7.

dei due parametri variabili del ponte, l'ellisse sullo schermo si può ridurre ad una retta inclinata (fig. 2 b); agendo poi sull'altro parametro variabile si può far ruotare la retta sino a renderla orizzontale (fig. 2 c).

Con la prima operazione si annulla la componente della tensione di squilibrio in quadratura colla ten-

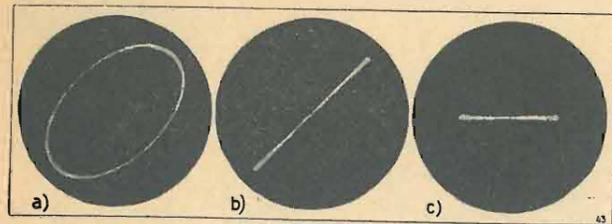


Fig. 2. - Figure che successivamente compaiono sullo schermo oscillografico durante le fasi di equilibrio.

sione del variatore, con la seconda la componente in fase.

Lo sfasamento che deve produrre il variatore di fase non dipende dal valore dell'impedenza incognita, quindi la regolazione del variatore di fase, fatta in modo da ottenere la successione delle due operazioni descritte, resta eseguita una volta per tutte. È questa la caratteristica che dà pieno valore al metodo e che bisogna quindi fare in modo che sia in ogni caso verificata.

Qualora nella tensione di squilibrio siano presenti armoniche prodotte da parametri non lineari presenti nel ponte o da una tensione di alimentazione non perfettamente sinusoidale, conviene per effettuare un equilibrio molto preciso eliminare le armoniche usando un amplificatore selettivo (\*) sintonizzato sulla frequenza di misura. La presenza di una piccola componente armonica non impedisce l'operazione di equilibrio purchè si tengano presenti le figure di Lissajous a cui tale armonica può dar luogo e si cerchi di ricondursi ad una di esse, quella che capita, durante la prima operazione di equilibrio in luogo della retta. In figura 3 è per esempio indicata una figura di Lissajous, dovuta alla presenza di una componente di terza armonica nelle due fasi dell'equilibrio.

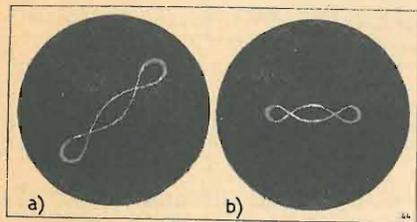


Fig. 3. - Figura di Lissajous che può comparire nelle due fasi di equilibrio in seguito alla presenza di una terza armonica.

La precisione di equilibrio del ponte è tanto più elevata quanto più grande è il guadagno dell'amplificatore; d'altra parte al crescere di quest'ultimo diminuisce il valore della massima tensione di squilibrio che si può osservare, cosicchè quando si parta con il ponte molto squilibrato, può rendersi necessario ridurre il guadagno dell'amplificatore salvo poi ad elevarlo per affinare l'equilibrio.

(\*) Per maggiori particolari in proposito e per un esempio di pratica applicazione del metodo descritto si veda: PINCIROLI A., TAMBURELLI G.: *Apparecchio per il rilievo delle caratteristiche magnetiche su provini di piccole dimensioni*. «Rendiconti della 51ª Riunione dell'A. E. I.», 1950, pp. 509-512.

Per poter fare le regolazioni in un ampio campo di squilibrio senza dovere ricorrere alla manovra sussidiaria del guadagno dell'amplificatore bisognerebbe che la risposta dell'amplificatore variasse con una legge di tipo logaritmico al variare della tensione di ingresso. A tal uopo nel caso in cui si usi come indicatore uno strumento a bobina mobile si possono impiegare raddrizzatori ad ossidi; col metodo oscillografico invece si può ricorrere al controllo automatico di sensibilità facendolo agire, sia pure energeticamente, solo sul primo stadio per evitare che la caratteristica a pendenza variabile del tubo controllato introduca delle armoniche. È ovvio inoltre che se l'amplificatore è selettivo tali armoniche vengono ad essere attenuate.

Riguardo infine al variatore di fase, non dovendo erogare ai morsetti di uscita una potenza apprezzabile può essere semplicemente del tipo a ponte di Mc Namara (\*) indicato in figura 4. Il diagramma vettoriale di figura 5 rappresenta le tensioni dei vari punti del ponte rispetto al punto B e le correnti nei due rami A C B e A D B. La tensione di uscita resta data dal vettore D C; si vede che al variare contemporaneo delle due resistenze o delle due capacità, in modo da

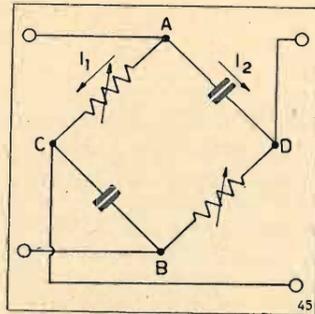


Fig. 4

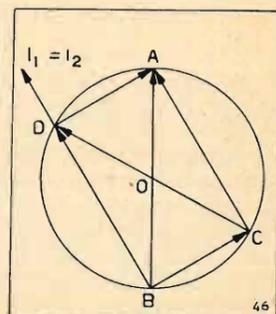


Fig. 5

Fig. 4. - Schema del variatore di fase di Mc Namara. — Fig. 5. - Diagramma vettoriale delle tensioni e delle correnti nel ponte di Mc Namara.

mantenersi uguali tra di loro, il vettore D C, data la costante quadratura tra le tensioni ai capi delle resistenze e quelle rispettive ai capi dei condensatori, ruota tenendo fisso il suo punto di mezzo O e spostando i suoi estremi sulla circonferenza di diametro A B. La fase di D C rispetto ad A B può così variare tra 0° e 180° al variare delle resistenze da zero ad infinito o delle capacità da infinito a zero (5).

## 2. Interpretazione del funzionamento e schemi fondamentali di applicazione.

Per effettuare la prima operazione di equilibrio è sufficiente che il parametro che si varia per primo abbia un campo di variabilità abbastanza elevato per portare la tensione di squilibrio in fase con quella agente sull'asse orizzontale; per effettuare la seconda operazione di equilibrio invece occorre che la successiva variazione del secondo parametro annulli la tensione di squilibrio mantenendone costante la fase, altrimenti la retta ritorna a trasformarsi in ellisse. L'applicazione del metodo oscillografico è quindi

(\*) TURNER H. M., MC NAMARA F. T.: *An electron tube wattmeter and voltmeter and a phase shifting bridge*. «Proc. I. R. E.», XVIII, ottobre 1930, pp. 1743-1747.

(5) Per altri tipi di variatori di fase si veda: RICAMO R.: *Variatori di fase per oscillografi a coordinate polari*. «Alta Frequenza», XV, 4, dicembre 1946, pp. 244-266.

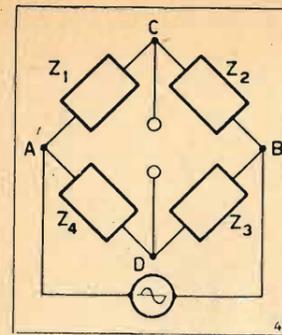


Fig. 6

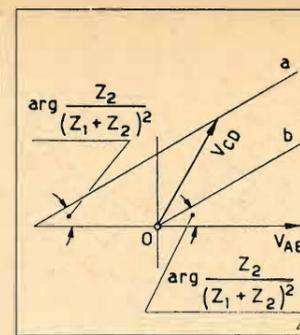


Fig. 7

Fig. 6. - Schema generale di riferimento di un ponte in corrente alternata. — Fig. 7. - Retta secondo cui si muove la tensione di squilibrio VCD durante la regolazione del parametro R1.

principalmente subordinata all'esistenza di un particolare valore della fase della tensione di squilibrio per la quale sia possibile, mediante la regolazione di un opportuno parametro del ponte, l'attuazione della seconda operazione di equilibrio. In proposito si esamina l'andamento della tensione di squilibrio nei ponti in corrente alternata in corrispondenza alla variazione di un parametro (6).

### A) PONTI INIZIALMENTE POCO SQUILIBRATI.

In un primo tempo si suppone di avere a che fare con ponti in condizioni molto prossime all'equilibrio.

Con riferimento alla figura 6 la tensione di squilibrio risulta:

$$[1] \quad V_{CD} = V_{AB} \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - V_{AB} \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} = V_{AB} \frac{Z_1 Z_2 - Z_3 Z_4}{(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)}$$

Quando il ponte è poco discosto dall'equilibrio le variazioni percentuali del denominatore della [1] durante la regolazione di un parametro si possono ritenere trascurabili rispetto a quelle del numeratore, cosicchè ponendo il denominatore uguale a  $1/Y^2$  si può scrivere:

$$[2] \quad V_{CD} = V_{AB} Y^2 (Z_1 Z_3 - Z_2 Z_4)$$

con Y costante.

Supponendo ad esempio di variare la parte reale  $R_1$  di  $Z_1 = R_1 + jX_1$  della quantità  $\Delta R_1$  si avrà corrispondentemente una variazione  $\Delta V_{CD}$  di  $V_{CD}$  tale che:

$$V_{CD} + \Delta V_{CD} = V_{AB} Y^2 (R_1 + \Delta R_1 + jX_1) Z_3 - Z_2 Z_4,$$

da cui sottraendo la [2] si ha:

$$[2'] \quad \Delta V_{CD} = V_{AB} Y^2 Z_3 \Delta R_1.$$

Inoltre si può approssimativamente ritenere:

$$\frac{Z_1}{Z_4} = \frac{Z_2}{Z_3} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_3 + Z_4},$$

(6) Per una completa trattazione sull'equilibrio dei ponti si veda: LOMBARDI P.: *Equilibrio e sensibilità di ponti per misure di impedenze*. «Alta Frequenza», IX, agosto-settembre 1940, pp. 518-530.

da cui:

$$Z_3 + Z_4 = (Z_1 + Z_2) \frac{Z_3}{Z_2},$$

che sostituita nella [2'] dà:

$$[3] \quad \Delta V_{CD} = V_{AB} \frac{Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \Delta R_1.$$

Da questa relazione (7) si vede che la fase di  $\Delta V_{CD}$  rispetto a  $V_{AB}$  è quella di  $Z_2/(Z_1 + Z_2)^2$ , quindi al variare di  $R_1$  l'estremo di  $V_{CD}$  (fig. 7) si muove lungo una retta a inclinata rispetto a  $V_{AB}$  dell'argomento di  $Z_2/(Z_1 + Z_2)^2$  ed in generale non passante per l'origine 0. Ne consegue che, se agendo su un altro parametro del ponte si rende la fase della tensione  $V_{CD}$  uguale a quella di tale argomento, cioè si porta  $V_{CD}$  lungo la retta b di figura 7, parallela alla precedente ma passante per l'origine, col variare di  $R_1$  si può annullare la tensione  $V_{CD}$  lungo tale retta.

Se nel campo delle impedenze da misurare il ponte si può sempre ritenere inizialmente poco squilibrato in modo da poter trascurare le variazioni di  $Y^2 Z_3 = Z_2/(Z_1 + Z_2)^2$  passando da una impedenza incognita ad un'altra, basta portare sull'asse orizzontale dell'oscillografo una tensione con fase rispetto a  $V_{AB}$  uguale all'argomento di tale espressione per poter fare l'equilibrio col metodo oscillografico variando per ultimo il parametro  $R_1$ .

L'equilibrio avviene nel modo indicato in figura 8: l'estremo del vettore  $V_{CD}$  inizialmente in una posizione generica D si sposta in seguito alla manovra del primo parametro lungo la retta DD', avente la direzione corrispondente alle variazioni del parametro stesso, fino in D' dove resta in fase con la tensione  $V_v$  del variatore di fase. In seguito alla manovra del secondo parametro  $R_1$   $V_{CD}$  si annulla lungo la retta CD'.

Se si adoperasse invece il solito metodo di azzezzamento per minimo il vettore  $V_{CD}$  raggiungerebbe successivamente le posizioni di minimo sulle due rette m, n, di figura 9 normali alle due direzioni di spostamento del suo estremo venendo così a descrivere una spezzata. Solo se tali direzioni di spostamento fossero tra di loro ortogonali l'equilibrio avverrebbe con due manovre.

Nel caso in cui si considerino le variazioni delle parti reali  $R_2, R_3, R_4$  degli altri lati del ponte valgono le formule già viste con ovvio scambio dei pedici di alcuni simboli (8).

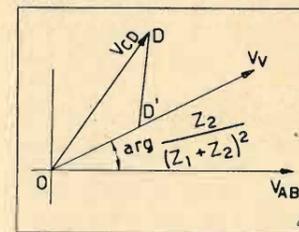


Fig. 8

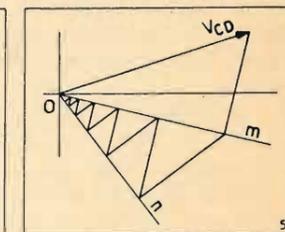


Fig. 9

Fig. 8. - Rappresentazione vettoriale delle due fasi di equilibrio. Fig. 9. - Rappresentazione vettoriale dell'equilibrio raggiunto attraverso a successivi minimi di  $V_{CD}$ .

(7) La [3] si può anche dedurre calcolando il differenziale della [1] in corrispondenza ad una variazione infinitesimale  $dR_1$ :

$$dV_{CD} = V_{AB} \frac{Z_1 + Z_2 - Z_1}{(Z_1 + Z_2)^2} dR_1 = V_{AB} \frac{Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} dR_1.$$

(8) Naturalmente si ottengono formule del tutto analoghe se in luogo delle impedenze si considerano le ammettenze dei lati del ponte nella forma:  $Y_1 = G_1 + jB_1$ .

Supponendo di variare invece le parti immaginarie dell'impedenza dei lati del ponte occorre fare riferimento all'espressione di  $\Delta V_{CD}$  corrispondente ad una variazione  $\Delta X_1$ :

$$\Delta V_{CD} = j V_{AB} Y^2 Z_3 \Delta X_1;$$

da cui risulta che le variazioni di  $V_{CD}$  prodotte variando le componenti immaginarie dell'impedenza dei lati del ponte avvengono a  $90^\circ$  con quelle prodotte dalle variazioni delle corrispondenti parti reali.

### B) PONTI INIZIALMENTE MOLTO SQUILIBRATI.

Si esamina ora l'applicazione del metodo oscillografico a ponti inizialmente molto squilibrati. In questo caso le considerazioni precedenti non hanno più valore, infatti si potrebbe dimostrare che il vettore  $V_{CD}$  di modulo molto più grande di quello sinora considerato si muove su cerchi di centro diverso dall'origine 0, e precisamente si hanno due famiglie di cerchi lungo i quali il vettore  $V_{CD}$  viene a muoversi rispettivamente in corrispondenza alle variazioni dell'uno o dell'altro dei due parametri. Due di questi

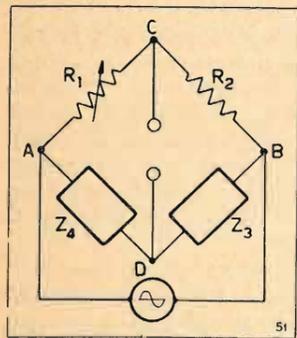


Fig. 10

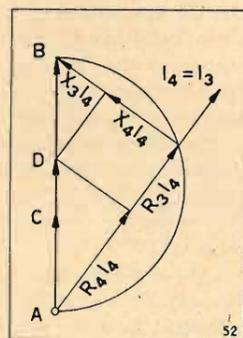


Fig. 11

Fig. 10. - Primo tipo di schema fondamentale per equilibrare, mediante la regolazione finale di  $R_1$ , un ponte molto squilibrato. — Fig. 11. - Rappresentazione vettoriale della seconda fase di equilibrio del ponte di figura 10.

cerchi e cioè uno per ogni famiglia passano per l'origine 0 ed essi caratterizzano con le loro tangenti in tale punto le due direzioni di spostamento dell'estremo  $D$  trovate nella trattazione precedente. I risultati del precedente paragrafo sono quindi validi finché lo squilibrio iniziale del ponte è tale che la tangente a questi due cerchi non è molto discosta dai cerchi stessi.

Per rendere più applicabile il metodo oscillografico anche con il ponte inizialmente molto squilibrato occorre quindi che una delle due famiglie di cerchi si riduca ad una famiglia di rette, delle quali quella passante per l'origine mantenga la sua orientazione indipendente dalle variazioni degli altri parametri del ponte. Per esaminare questa possibilità si riprende in esame l'espressione della tensione  $V_{CD}$  nella forma:

$$[1] \quad V_{CD} = V_{AB} \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - V_{AB} \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4}$$

Al variare per esempio del parametro  $R_1$  varia solo il primo termine della [1], affinché quindi la fase

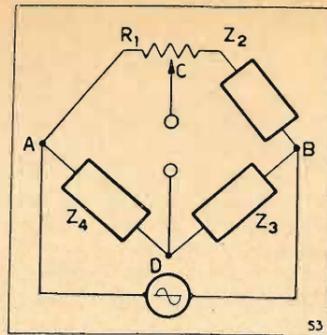


Fig. 12

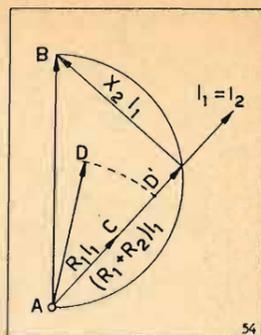


Fig. 13

Fig. 12. - Secondo tipo di schema fondamentale per equilibrare, mediante la regolazione finale del corsoio  $C$ , un ponte molto squilibrato. — Fig. 13. - Rappresentazione vettoriale delle due fasi di equilibrio del ponte di figura 12.

di  $V_{CD}$  non vari occorre che resti costante quella di tale termine e che l'altro termine abbia un'egual fase. Quest'ultima condizione viene ottenuta variando primieramente un altro parametro del ponte; per mantenere invece la costanza della fase di  $Z_1/(Z_1 + Z_2)$  al variare di  $R_1$  sono possibili due soluzioni. La prima è che  $Z_1$  e  $Z_2$  mantengano sempre al variare di  $R_1$  ugual fase in modo che la fase di  $Z_1/(Z_1 + Z_2)$  rimanga costantemente uguale a zero, e quindi  $Z_1$  e  $Z_2$  dovranno essere nel caso attuale entrambe resistenze. In questo caso lo schema del ponte sarà del tipo di figura 10. Naturalmente al posto di  $R_1$  e  $R_2$  vi possono essere due reattanze.

Per questa disposizione si vede dal diagramma di figura 11, in cui sono riportate le tensioni dei vari punti del ponte rispetto al punto  $A$ , che se si porta sull'asse orizzontale dell'oscillografo una tensione avente la stessa fase di quella applicata al ponte  $V_{AB}$ ; variando il primo parametro si porta il punto  $D$  su  $V_{AB}$  e variando poi  $R_1$  si porta il punto  $C$  a coincidere con il punto  $D$ . Il variatore di fase non resta naturalmente necessario, basta portare sull'asse orizzontale tutta o parte della tensione applicata al ponte.

La seconda soluzione è di mantenere costante la fase di  $Z_1$  e di  $Z_1 + Z_2$ , facendo  $Z_1$  uguale a  $R_1$  ed aumentando la resistenza di  $Z_2$  di quanto diminuisce quella di  $Z_1$  mediante la disposizione di figura 12.

Dal diagramma di figura 13 risulta che variando il primo parametro, posto in  $Z_3$  o in  $Z_4$ , si porta il punto  $D$  di  $V_{AD}$  in  $D'$ , e cioè  $V_{AD}$  in fase con la tensione sull'asse orizzontale diretta come  $V_{AC}$ , indi spostando il punto  $C$  con la manovra del corsoio di figura 12 si azzerava linearmente la tensione  $V_{CD}$ . Naturalmente in questa disposizione l'impedenza incognita non deve essere messa in  $Z_3$  altrimenti

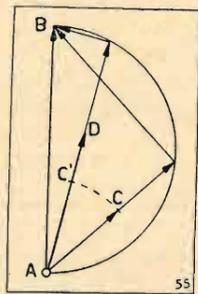


Fig. 14. - Rappresentazione vettoriale delle due fasi di equilibrio del ponte di figura 12 nel caso in cui l'impedenza incognita ed il primo parametro variabile siano disposti in  $Z_4$ .

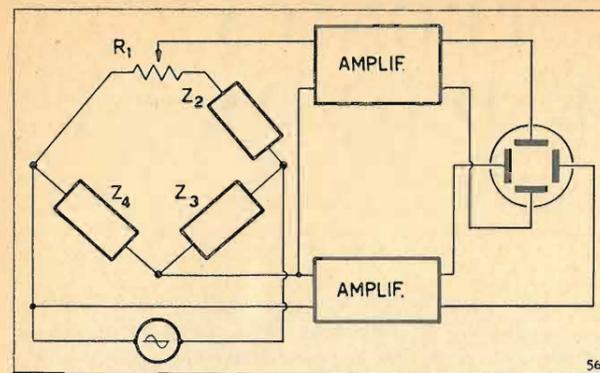


Fig. 15. - Schema di applicazione del ponte di figura 12 senza impiego del variatore di fase.

varia la fase di  $V_{AC}$  e cioè quella che deve avere la tensione del variatore di fase. Si può tuttavia mettere l'impedenza incognita in  $Z_2$  purché sia pure compreso in  $Z_2$  il primo parametro variabile il quale farà riassumere a  $Z_1 + Z_2$  sempre la stessa fase. La tensione sull'asse orizzontale dovrà avere in questo caso la fase di  $V_{AD}$  e l'equilibrio avverrà (fig. 14) portando con la regolazione del primo parametro la tensione  $V_{AC}$  in fase con  $V_{AD}$  e quindi il punto  $C'$

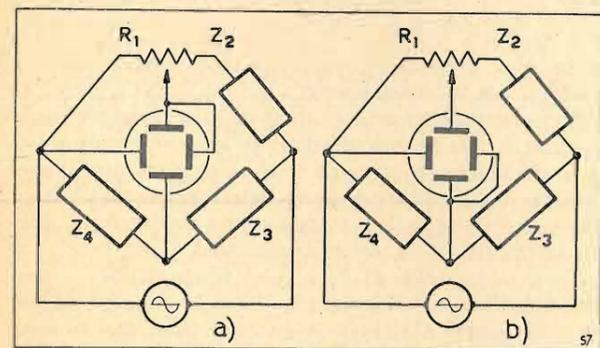


Fig. 16. - Schemi semplificati (senza gli amplificatori) di applicazione del ponte di figura 12 senza il variatore di fase.

a coincidere con  $D$  mediante la regolazione col potenziometro.

Si può anche porre la sola impedenza incognita in  $Z_2$  purché si porti sull'asse orizzontale la tensione  $V_{AC}$  eventualmente amplificata (fig. 15); in tal caso la tensione sull'asse orizzontale rimane automaticamente in fase con la tensione  $V_{AC}$  qualunque essa sia.

Con questo artificio si può pure porre il primo parametro variabile in  $Z_2$  e l'impedenza incognita in  $Z_3$  o  $Z_4$ ; in tal caso come si può facilmente constatare si può indifferentemente portare sull'asse orizzontale la tensione  $V_{AC}$  o la tensione  $V_{AD}$  secondo gli schemi della figura 16, in cui per semplicità non sono segnati gli amplificatori.

A titolo di esempio in figura 17 è rappresentata la disposizione ora descritta applicata al ponte di De Sauty.

Al posto di  $R_1$  si può evidentemente anche mettere un'impedenza con un potenziometro in parallelo, però in questo modo le caratteristiche del ponte possono risultare notevolmente modificate. In figura 18 è rappresentata l'applicazione di questa disposizione al ponte di Wien.

### 3. Conclusione.

Se si devono equilibrare ponti poco lontani dalle condizioni di equilibrio il metodo oscillografico è in ogni caso applicabile, e il variatore di fase per una seconda regolazione di equilibrio fatta per es. sulla parte reale di un'impedenza generica  $Z_1$  dovrà fornire una tensione sfasata, rispetto alla tensione applicata al ponte, di un angolo pari all'argomento di  $Z_2/(Z_1 + Z_2)^2$ .

Per ponti molto squilibrati occorre fare in modo che durante la variazione del secondo parametro la fase di  $Z_2/(Z_1 + Z_2)^2$  relativa ad una coppia di lati

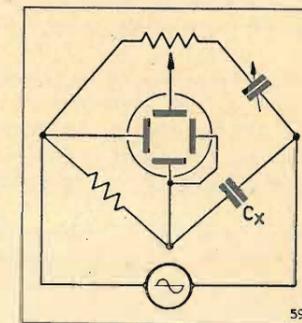


Fig. 17

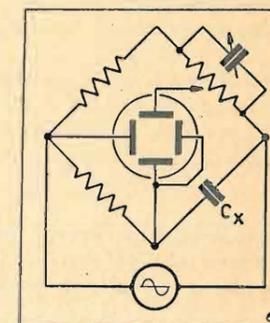
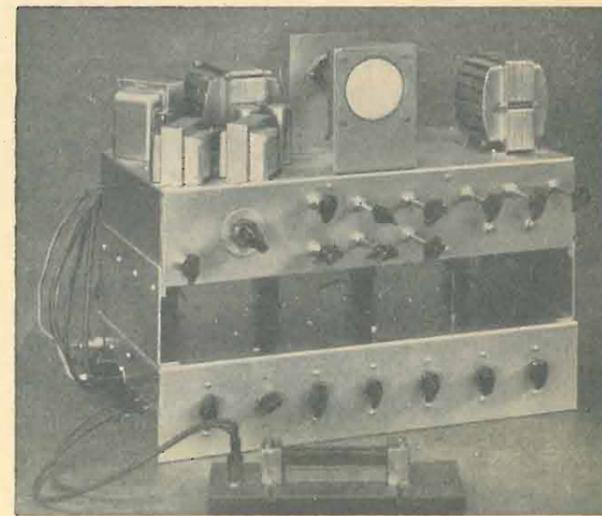


Fig. 18

Fig. 17. - Ponte di De Sauty modificato secondo lo schema di figura 16 b. Fig. 18. - Ponte di Wien modificato secondo lo schema di figura 16 b.

in serie rimanga costante. Tale fase non deve inoltre dipendere dal valore dell'impedenza da misurare se sull'asse orizzontale dell'oscillografo si porta una tensione prelevata, attraverso un variatore di fase (fig. 12) o senza (fig. 10), dalla sorgente di alimentazione, o può invece dipendere dall'impedenza incognita se si preleva la tensione da portare sull'asse da un punto opportuno del ponte (figure 15 e 16).



Apparecchio che utilizza l'oscillografo come rivelatore di equilibrio di un ponte di Maxwell. Si notano: l'oscillografo, il telaio superiore in cui sono disposti il variatore di fase e i circuiti di alimentazione, il telaio inferiore contenente l'amplificatore e il ponte di misura; separata dai telai si nota pure la bobina sotto misura.

(20) Pervenuto il 3-12-1951.

# NOTE SULLA TECNICA DELLE GUIDE D'ONDA

DOTT. ING. ITALO MUSSETTO  
della RAI

**SOMMARIO** - Viene illustrato il fenomeno della propagazione delle onde elettromagnetiche nelle guide d'onda e vengono indicati i vari « modi » in cui tale propagazione può effettuarsi. Si considera poi l'attenuazione che si manifesta in una guida d'onda mettendola a confronto con quella che si ha in un cavo coassiale e accennando alle perdite supplementari dovute a discontinuità della guida ed al manifestarsi di onde stazionarie. Si descrivono infine le principali parti speciali usate nella tecnica delle guide d'onda e si fa cenno ad alcune applicazioni.

**SOMMAIRE** - On illustre les diverses modes de propagation des ondes électromagnétiques dans les guides d'onde. On considère ensuite l'atténuation qui se manifeste dans un guide d'onde en la comparant avec celle qu'on a dans un câble coaxial et on fait allusion aux pertes supplémentaires causées par une discontinuité du guide et par l'apparition des ondes stationnaires. On décrit enfin les principales parties spéciales employées dans la technique des guides d'onde et on indique brièvement quelques applications.

**SUMMARY** - Various propagation-modes in wave-guide are illustrated. The attenuations in a wave-guide and in a coaxial cable are compared; and the supplementary losses due to a guide discontinuity or to stationary waves are considered. Finally a description is given of the most important special parts used in wave-guide technique and some practical applications are briefly discussed.

## 1. Generalità.

Nella evoluzione delle scienze applicate, in questi ultimi anni, una caratteristica comune è l'apparire quasi improvviso di nuovi mezzi, di nuovi ritrovati che spesso assumono una importanza tale da modificare profondamente la struttura classica di impostazione di tutta una tecnica. Non fa eccezione la scienza delle alte frequenze che, nella sua corsa verso le frequenze sempre più elevate, iniziata alla fine della prima guerra mondiale, ha trovato una strada feconda delle più brillanti applicazioni solo dopo l'avvento di una tecnica del tutto nuova che, abbandonando i classici elementi circuitali a costanti concentrate, si è rivolta agli elementi a costanti distribuite in una, due o tre dimensioni.

Il campo delle microonde o iperfrequenze, cioè di quelle frequenze corrispondenti a lunghezza d'onda dell'ordine dei centimetri od anche dei millimetri, poté così essere padroneggiato con apparati di sicuro funzionamento e ormai entrati nella corrente produzione industriale.

Questa nuova tecnica, dal punto di vista dello studio fisico è caratterizzata dalla difficoltà e spesso impossibilità di afferrare i termini dei vari problemi con i concetti familiari di tensione, corrente, ecc., e dalla necessità di ricorrere alle laboriose e difficoltose equazioni differenziali dei campi elettromagnetici o dell'ottica elettronica e simili; dal punto di vista puramente tecnologico viceversa la nuova tecnica è caratterizzata dall'introdursi sempre più prepotente di elementi meccanici, richiedenti lavorazioni spesso difficoltose e comunque di alta precisione e di costo notevole.

Nel presente articolo si vuol dare uno sguardo, necessariamente rapido, ad un lato molto interessante della tecnica delle microonde; precisamente ci occuperemo delle linee di trasmissione adatte per microonde;

quelle che vengono correntemente chiamate *guide d'onda* o *guide iperfrequenti*.

Strutturalmente una guida d'onda si presenta come un tubo a pareti metalliche, di sezione qualunque, ma solitamente rettangolare o circolare, vuoto nell'interno, o meglio contenente aria o altro dielettrico. Entro questo tubo e con opportuna eccitazione, può propagarsi un'onda elettromagnetica.

La trasmissione di onde elettromagnetiche entro tubi metallici fu studiata già verso la fine del secolo scorso da Lord Rayleigh e da altri fisici ma la cosa non ebbe un seguito sperimentale che verso il 1935, quando si poterono produrre, con una certa facilità, onde centimetriche persistenti. Successivamente, durante la seconda guerra mondiale, ad opera della macchina scientifica ed industriale americana, venne studiato e brillantemente risolto il problema del radar e collateralmente si sviluppò anche la tecnica delle guide d'onda.

## 2. Possibilità della trasmissione su guida d'onda e caratteristiche fondamentali.

Per esaminare la possibilità di trasmettere, entro una guida, energia elettromagnetica oscillante, sarebbe necessario procedere ad una laboriosa indagine fisico-matematica fondata sulle equazioni di Maxwell; qui però ci limiteremo ad enunciare le caratteristiche della propagazione stessa e a darne qualche sommaria giustificazione.

La trasmissione in una guida d'onda occupa, per così dire, una posizione intermedia tra quella sulle classiche linee a due conduttori e la propagazione nello spazio libero: in comune con la prima ha la necessità di un supporto, ossia di qualche cosa che incanali il flusso di energia, in comune con la seconda ha il modo con cui tale energia si trasmette, cioè il *mutuo concatenarsi di linee di forza elettriche con linee*

*di forza magnetiche*. In maniera grossolana, ma forse efficace, si può dire che la propagazione entro una guida si ottiene imprigionando le radioonde in un tubo metallico. Si intuisce però come sia necessario, perchè la cosa sia possibile, che l'onda possa adattarsi entro il tubo (abbia cioè piccola lunghezza d'onda) e possa quindi modificarsi rispetto alla struttura che essa ha nello spazio libero ed indefinito.

Riassumiamo ora alcune proprietà elementari della propagazione di una onda elettromagnetica nello spazio libero ed indefinito:

1) ad una certa distanza dalla sorgente (antenna o altro) e per una piccola estensione rispetto alla distanza suddetta, le onde si possono considerare piane e cioè i luoghi dei punti dove i vettori elettrico e magnetico hanno la stessa fase (*superfici equifasi*), sono dei piani;

2) l'onda elettromagnetica è un fenomeno puramente trasversale, cioè le direzioni dei vettori elettrico e magnetico sono ortogonali tra loro e ortogonali alla direzione di propagazione; per cui non esiste alcuna componente del campo nella direzione di propagazione stessa;

3) le superfici equifasi si spostano con la velocità  $c$  della luce, indipendentemente dalla frequenza  $f$  e vale la relazione:

$$\lambda f = c :$$

4) se un'onda incontra una superficie infinitamente conduttrice, essa viene riflessa con le note leggi dell'ottica; ciò avviene perchè si inducono nella superficie metallica delle correnti, che generano una seconda onda (onda riflessa). L'onda incidente e l'onda riflessa danno luogo a un campo risultante che ha, nei punti adiacenti alla superficie, le componenti tangenziale elettrica e normale magnetica che sono nulle. Quest'ultima condizione è quella che determina la forma di un campo elettromagnetico vicino a pareti metalliche. Se le pareti non sono infinitamente conduttrici le cose si complicano, ma per il caso dei metalli

come rame, ottone, alluminio, ecc. che comunemente si dicono buoni conduttori, il fenomeno rimane sostanzialmente invariato, salvo che si ha una dissipazione di energia da parte delle correnti indotte sulle pareti.

Da quanto visto ora, si intuisce subito come un'onda, propagantesi entro un tubo a pareti metalliche, debba avere una distribuzione delle linee del campo elettromagnetico ben diversa da quella di un'onda piana nello spazio libero e ciò per le condizioni imposte dalle pareti, che, essendo conduttrici, annullano le componenti tangenziali del campo elettrico e normali del campo magnetico, sicchè le linee del campo elettrico dovranno essere normali alle pareti e quelle del campo magnetico tangenziali.

Un punto di vista, comodo per una facile comprensione del meccanismo e delle caratteristiche della propagazione di un'onda guidata entro un tubo, è quello di riguardarla come risultante della interferenza di più onde elementari piane che si propagano riflettendosi a zig-zag sulle pareti. La interferenza delle onde elementari deve essere tale che, in corrispondenza delle pareti, il vettore elettrico sia sempre normale ad esse e quello magnetico tangenziale.

Tale punto di vista, affacciato per la prima volta da L. Brillouin, è particolarmente istruttivo per il caso della guida rettangolare.

Nella figura 1 è rappresentata una guida rettangolare di base  $b$  e altezza  $a$ : in (a) è rappresentata una sezione trasversale ed in (b) una sezione verticale (parallela al lato  $a$ ); in (c) una sezione prospettica che continua in (d) in sezione orizzontale. Nella sezione prospettica non è rappresentata la parete  $b$  posteriore per semplicità di disegno.

In (c) sono raffigurati due raggi partenti dal punto 0, di due onde piane polarizzate e inclinate dell'angolo  $\varphi$  rispetto all'asse della guida; tali onde, giunte alle pareti, si riflettono. È indicata con 1 l'onda che nel disegno procede verso l'alto e con 2 l'altra, per cui l'onda 1 dopo una riflessione diventa 2 e così via. Si sono anche indicate le direzioni del vettore

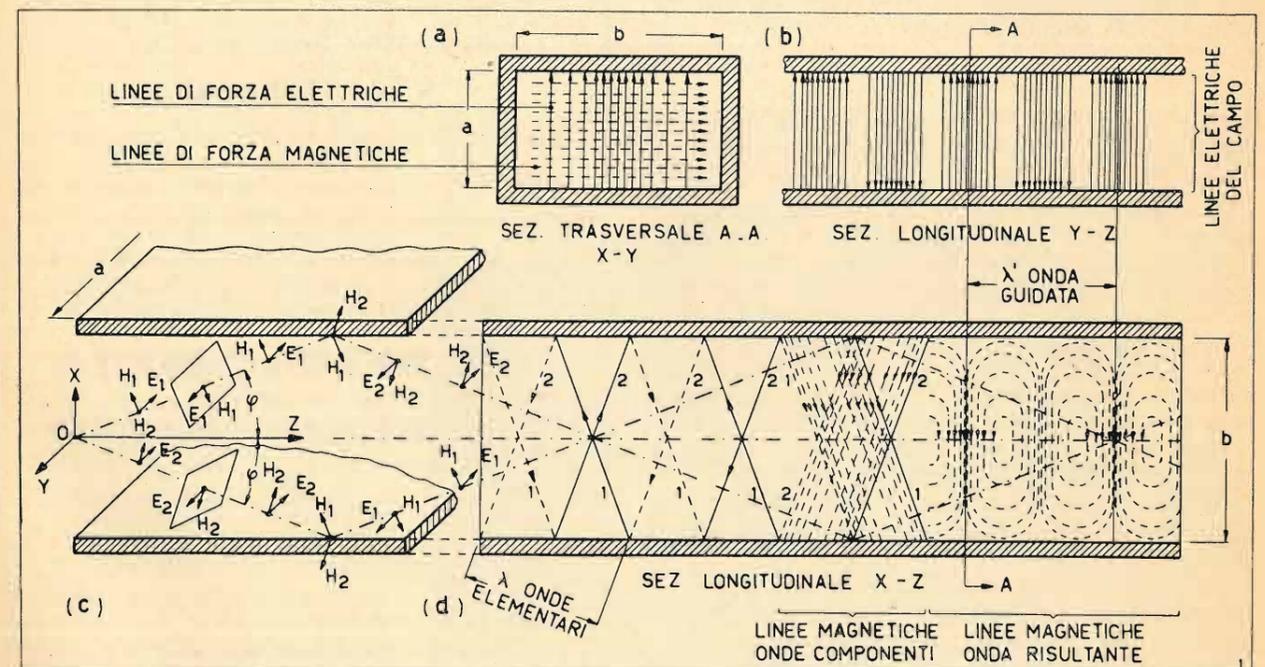


Fig. 1 - Rappresentazione schematica della propagazione su guida d'onda rettangolare con eccitazione  $TE_{01}$ . L'onda guidata si può considerare come la risultante di due onde piane e la configurazione del suo campo elettromagnetico come determinata da questa interferenza.

elettrico e magnetico a intervalli di mezza onda. Il vettore elettrico è sempre parallelo all'asse  $y$ , il vettore magnetico ha, invece, una componente secondo  $z$  ed una secondo  $x$ .

Le rette parallele contrassegnate con 1 e 2 (fig. 1 d) rappresentano le sezioni dei piani equifasi per l'onda 1 e 2 rispettivamente e precisamente le linee a tratteggio indicano piani dove il campo è massimo positivo (vettore  $E$  rivolto verso l'osservatore) e quelle a tratto continuo indicano piani dove il campo è massimo negativo (vettore  $E$  rivolto contro il disegno): esse distano una dall'altra di mezza lunghezza d'onda. Come si vede, l'angolo  $\varphi$  è tale che, in corrispondenza delle pareti, ad ogni massimo positivo dell'onda 1, corrisponde un massimo negativo dell'onda 2 e viceversa, per cui ivi il vettore elettrico (che è parallelo alle pareti verticali) è sempre nullo. Le condizioni imposte dalle pareti metalliche sono, quindi, soddisfatte e l'onda può propagarsi.

Nell'ultima parte della figura 1 d è rappresentato schematicamente l'andamento del campo elettromagnetico risultante dell'onda guidata.

Nell'esempio considerato si possono notare i seguenti fatti che però sono validi in tutti i casi di onde guidate:

1) il campo risultante non ha, come nelle onde piane, il vettore elettrico e il vettore magnetico sempre ortogonali alla direzione di propagazione, cioè l'onda non è trasversale pura, ma esiste una *componente longitudinale del campo magnetico*. In altri casi vi è, invece, una *componente longitudinale elettrica*. Non è possibile la propagazione di un'onda entro una guida, senza una *componente longitudinale, a meno che non vi sia entro la guida un secondo conduttore* (come nei cavi coassiali);

2) gli intervalli tra i punti di egual fase, nel campo risultante (lunghezza d'onda  $\lambda'$  dell'onda guidata), sono *maggiori* degli intervalli corrispondenti per le onde elementari: cioè *un'onda guidata presenta, a parità di frequenza, una lunghezza d'onda  $\lambda'$  maggiore di quella che avrebbe se fosse libera ( $\lambda$ )*. Inoltre, dato che vale sempre la legge:

$$\lambda' f = u'$$

(dove  $u'$  è la *velocità di propagazione, o di fase*, dell'onda guidata), essendo costante  $f$ , a maggiore  $\lambda'$  corrisponde una maggiore velocità di propagazione;

3) dall'esempio fatto, si può vedere come, per realizzare le condizioni imposte dalle pareti della guida, se varia  $\lambda$  è necessario variare l'angolo  $\varphi$  e precisamente al crescere di  $\lambda$  cresce anche  $\varphi$ , per cui per un certo valore di  $\lambda$ , che chiamasi *lunghezza d'onda critica*  $\lambda_c$  (e al quale corrisponde una certa *frequenza critica*  $f_c$ ) l'angolo  $\varphi$  risulta di  $90^\circ$ ; in tali condizioni, le onde elementari non si propagano più lungo l'asse della guida, ma oscillano tra una parete e l'altra. Questo fatto vale in generale e la propagazione entro una guida è possibile solo se la frequenza è superiore ad un certo valore critico. La frequenza critica dipende dal tipo di onda guidata e dalla forma delle pareti;

4) l'esempio considerato è il più semplice possibile, ma è chiaro come sia possibile combinare onde elementari, anche in altri modi più complessi soddisfacenti ugualmente alle condizioni imposte dalle pareti; si ottengono così altre configurazioni o « modi »

di onde guidate ognuno caratterizzato da una propria frequenza critica.

Qualunque sia il tipo di guida d'onda usata e il modo di eccitazione, le relazioni che intercorrono tra frequenza di lavoro  $f$ , frequenza critica  $f_c$ , lunghezza dell'onda libera  $\lambda$ , lunghezza dell'onda guidata  $\lambda'$  e lunghezza d'onda critica  $\lambda_c$  sono le seguenti:

$$\left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^2 + \left(\frac{f_c}{f}\right)^2 = 1, \quad \left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2 = 1$$

che per essere soddisfatte richiedono siano verificate le disequazioni:

$$\lambda' > \lambda \quad f > f_c \quad \lambda_c > \lambda$$

come si era detto precedentemente.

(Continua)

**SYLVANIA ELECTRIC**

**VALVOLE TERMOJONICHE RICEVENTI**

per tutte le applicazioni Radio  
AM - FM - TELEVISIONE

**NORMALI  
METAL  
LOCK-IN  
MINIATURA**

nelle Serie

Serie speciale a 25 mA per Apparecchi a Batterie

TUBI A RAGGI CATODICI  
TUBI ELETTRONICI SPECIALI  
RADDRIZZATORI AL GERMANIO E AL SELENIO

---

**SYLVANIA** UN NOME  
CHE È GARANZIA  
DI QUALITÀ SUPERIORE

Rappresentante generale per l'Italia:  
**S. A. TRACO**  
VIA MONTE DI PIETÀ 18 - MILANO - Tel. 85.960

Può sempre riuscire utile volgersi a ritroso e soffermarsi a considerare il passato, specie se di ieri. Una sintesi obiettiva dell'attività umana nella prima metà del Novecento - dalle scienze alle arti, dalla vita politica al problema filosofico - viene presentata in due recenti « quaderni della Radio » dedicati a:

**MEZZO SECOLO**  
(Il progresso scientifico) L. 300

**MEZZO SECOLO**  
(Vita, pensiero e arte) L. 300

.... Senza far leva su recriminazioni o esaltazioni, uomini di scienza e di arte, storici e pensatori, politici ed economisti, scelti fra i più autorevoli, hanno ripercorso idealmente quel lungo cammino, per mettere in giusta luce quel che si è creato e per ricordare quel che si è perduto (dalla prefazione di G. B. Angioletti).

Questi libri sono in vendita presso le principali librerie. Per richieste dirette rivolgersi alla:

**EDIZIONI RADIO ITALIANA - Via Arsenale, 21 - Torino**  
che li invierà franco di spese contro rimessa dei relativi importi.  
I versamenti possono essere effettuati sul c/c postale n. 2/37800.

## VARIETÀ SCIENTIFICHE

### I RAGGI COSMICI INFLUENZANO LE RADIOCOMUNICAZIONI?

I raggi cosmici costituiscono il fenomeno naturale che si mostra più restio a svelare completamente il mistero se non proprio della sua natura certamente della sua origine e provenienza, nonostante che a cercar di svelarlo si accaniscano, con ritmo sempre più intenso, studiosi di tutto il mondo, gli italiani in prima linea. Fino a ieri questi studiosi erano per la quasi totalità fisici puri, mentre gli astronomi — che pur sembrerebbero i più direttamente interessati — non se ne erano mai occupati in modo decisivo. Oggi, oltre agli astronomi — a cui importa principalmente, com'è naturale, il problema dell'origine « cosmica » di questa radiazione — sono scesi in campo anche gli studiosi e i tecnici della radio, poichè è apparso che i raggi cosmici potrebbero in certo qual modo influenzare anche le radiocomunicazioni.

In effetti, nella radiazione cosmica, composta di particelle e di onde, sembra vi sia un componente di carattere ondulatorio a radiofrequenza, che certamente interferisce con le onde radioelettriche emesse dalle stazioni terrestri. Ma, anche se non vi fosse effettivamente nella radiazione primaria questo componente a radiofrequenza, basta pensare che i raggi cosmici sono composti di particelle elettrizzate, le quali, allorchè si avvicinano alla Terra penetrando nella nostra atmosfera, vengono a subire l'influenza del campo magnetico terrestre che produce un incurvamento della loro traiettoria rettilinea. In questa deviazione — come insegna la fisica — essi emettono una radiazione ondulatoria, che può essere a radiofrequenza, e quindi tale da interferire anch'essa con le onde radioelettriche terrestri.

Una terza causa proviene dal fatto che le particelle della radiazione cosmica, allorchè passano in vicinanza dei nuclei degli atomi dell'atmosfera terrestre possono subire il fenomeno che i fisici denominano « frenamento nel campo di un protone ». In questo frenamento le particelle perdono una frazione della loro energia, che si ritrova poi sotto forma di radiazione elettromagnetica di radiofrequenza. Il fenomeno è analogo a quello che abbiamo illustrato sul « Radiocorriere » n. 49 del 5 dicembre 1948 a proposito del meccanismo di emissione di onde radioelettriche

da parte degli atomi di idrogeno ionizzato esistenti in vaste regioni della Via Lattea, onde radioelettriche celesti che hanno energia sufficiente per giungere fino alla Terra, e sono effettivamente udite dai nostri apparecchi radiorecipienti, e denominate appunto « radiorumori galattici ».

In questi due ultimi casi, però, si tratta di radiazione cosmica *secondaria*, cioè degli effetti che i raggi cosmici producono nella nostra atmosfera, allorchè le particelle ultraveloci, che provengono dagli spazi siderali e che costituiscono la vera radiazione cosmica, incidono con grandissima energia contro gli atomi e le molecole dell'aria.

Le ricerche recenti si sono già spinte quasi fino allo studio diretto di questa radiazione primaria, e ciò si fa attualmente sia in stazioni fisse di alta montagna (di cui un esemplare è il già famoso *Laboratorio della Testa grigia* installato dall'Istituto di fisica della nostra Università di Roma sull'alta montagna del Cervino) sia a quote notevolmente più elevate mediante lanci di opportuni palloni-sonda. Tali ricerche hanno mostrato che la radiazione cosmica primaria è composta, nella quasi totalità, di protoni e, in minor misura, di nuclei di elementi pesanti.

Le particelle cosmiche hanno una velocità poco diversa da quella della luce e di conseguenza possiedono un'energia estre-

mamente elevata. I fisici sogliono misurarla in unità elettriche, in Volt, e chiamano precisamente *Volt-elettrone* o *electron-Volt* (*e.v.*) l'energia che acquista un elettrone quando è accelerato dalla differenza di potenziale di un Volt. Siccome questa unità è molto piccola, essi ne considerano i multipli, il milione di electron-Volt o *MeV* e il miliardo di electron-Volt o *BeV* (dall'iniziale del nome *bilione*, con cui gli americani chiamano il nostro miliardo). L'energia di cui sono dotati i raggi cosmici al limite della nostra atmosfera è dell'ordine di qualche miliardo di electron-Volt, cioè di parecchi *BeV*. Di quest'energia, due *BeV* sono poi consumati nell'attraversamento dell'atmosfera, dando origine —

con abbastanza complicati fenomeni nucleari — ai famosi *mesoni*, alle coppie di elettroni positivi e negativi, agli *sciami* e alle *stelle*, nonché all'emissione di quelle onde radioelettriche di cui parlavamo. Il flusso della radiazione cosmica è costante e la loro distribuzione spaziale è sensibilmente isotropa (cioè indipendente dalla direzione in cui si osserva), mentre non è stato finora possibile rintracciare alcuna eventuale dipendenza dalla posizione del Sole o della Via Lattea, nè in generale di alcun corpo celeste.

Profondo è ancora il mistero dell'origine e della provenienza dei raggi cosmici, e su tale lato della questione si stanno riu-



La capanna che ospita il *Laboratorio della Testa grigia* per lo studio dei raggi cosmici sul Plateau Rosà (Cervino) accanto alla stazione della funivia.



Il professore Fermi (al centro) in visita al Laboratorio di Plateau Rosà.

nendo in questi ultimi tempi gli sforzi dei fisici e degli astronomi, nel tentativo di carpire alla natura anche questo segreto. Per gli astronomi il problema dei raggi cosmici appare anzi doppiamente importante, poichè con esso sembra connettersi anche la soluzione di un'altra «formidabile» questione, e cioè quella dell'«origine degli elementi chimici», che a sua volta è strettamente connessa con l'altro problema, ancora «più formidabile», dell'origine del Mondo cosmico e della formazione delle stelle.

Oggi si pensa con sufficiente sicurezza che tutti gli elementi chimici, fino al pesantissimo uranio ed ai successivi elementi transuranici, debbano formarsi (o essersi formati) per sintesi dal più semplice e più leggero di essi, cioè dall'idrogeno. Tale sintesi deve essere avvenuta — e forse continua ancor oggi ad avvenire — nell'interno delle stelle, giganteschi ed eccezionali laboratori di fisica nucleare, in cui si hanno pressioni e temperature enorme-

mente elevate, capaci appunto di permettere tali sintesi. Ma per giustificare la formazione degli elementi più pesanti, bisognerebbe pensare che nell'interno delle stelle si trovino temperature e pressioni ancora più elevate di quelle che gli astronomi accettano attualmente.

Varie teorie sono state emesse a tal proposito in questi ultimi tempi, ma nessuna di esse soddisfa pienamente. Noi pensiamo addirittura che il mistero della nascita delle stelle o quello della formazione degli elementi pesanti — che è sostanzialmente la stessa cosa — sia connesso col mistero dei raggi cosmici, di cui le osservazioni hanno mostrato che una parte, l'uno per mille o per diecimila, è costituita da nuclei di elementi pesanti. Orbene, questa proporzione è appunto quella che gli astrofisici ammettono per la distribuzione degli atomi pesanti, in confronto dell'idrogeno, nella materia dell'universo. Onde si potrebbe dedurre che la radiazione cosmica primaria sia materia stellare in uno stato di estrema rarefazione e dotata di enormi energie. Di quelle energie, cioè, necessarie per penetrare nei nuclei degli atomi e dar luogo alla trasmutazione degli elementi.

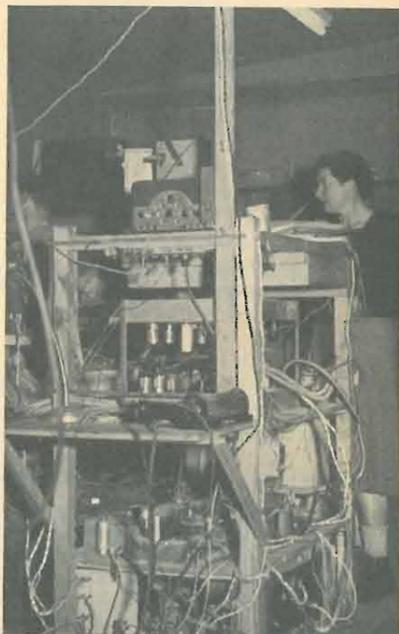
Si comprende quindi come sia divenuto appassionante il problema dell'origine e della provenienza dei raggi cosmici. Nelle teorie ed ipotesi affacciate gli astronomi ed i fisici non sono però in completo accordo. La teoria più validamente sostenuta dai fisici è quella recentemente proposta dal Fermi, la quale fisserebbe l'origine dei raggi cosmici nello spazio della nostra Galassia. I protoni cosmici vaganti nello spazio sarebbero poi accelerati da debolissimi campi magnetici variabili, generati a loro volta dai moti disordinati della materia interstellare. Le accelerazioni, pur debolissime, protrandosi per milioni di anni, potrebbero essere sufficienti per imprimere alle particelle le elevatissime velocità osservate. Altri fisici, invece, come l'Alfvén e il Teller, vorrebbero restringere la zona di origine dei raggi cosmici al sistema solare, immaginando che i protoni primari siano accelerati nel campo magnetico delle macchie solari, o in generale in campi magnetici intensissimi di apposita natura. La radiazione primaria sarebbe quindi di origine solare, e cioè di natura locale. Tale supposizione risulta però incompatibile con l'osservata, e bene ac-

certata, isotropia delle particelle primarie.

Contro la teoria del Fermi si sono schierati numerosi astronomi molto autorevoli. Particolarmente acerbe sono, ad esempio, le obiezioni di A. Unsöld, direttore dell'Osservatorio astronomico di Kiel, e di L. Biermann, i quali ritengono la teoria di Fermi «non fondata» per serie ragioni qualitative e quantitative; principalmente per il fatto che la radiazione cosmica ha sempre la stessa energia e non può quindi avvenire l'aumento previsto dalla teoria.

In conclusione, il problema dell'origine e della provenienza dei raggi cosmici è ancora molto aperto, e ci sembra che la situazione presente delle ricerche possa essere ben compendiate dalle parole con cui l'Unsöld ha chiuso un suo recente scritto: «Non vi è nessun argomento decisivo per la provenienza dei raggi cosmici dalle stelle e nessun argomento decisivo contro tale provenienza».

(19) **LUCIO GIALANELLA**  
Vice Direttore dell'Osservatorio  
Astronomico di Monte Mario - Roma



Un particolare dell'attrezzatura per lo studio dei raggi cosmici.



FABBRICA ITALIANA VALVOLE RADIO ELETTRICHE

# BOLLETTINO D'INFORMAZIONI

DEL SERVIZIO CLIENTI

ANNO V - N. 35  
Gennaio 1952

## La nuova serie miniatura a 1,4 Volt.

Facendo seguito a quanto comunicato col Bollettino n. 34 paragrafo 1, continuiamo la presentazione delle nuove valvole miniatura con accensione a 1,4 volt, costruite dalla FIVRE.

### 1 T 4.

Pentodo miniatura ad interdizione semiremotata progettato per essere impiegato come amplificatore in alta frequenza e frequenza intermedia in apparati radioelettrici alimentati con batterie.

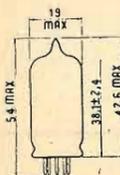


Fig. 1. — Dimensioni di ingombro della valvola 1T4.

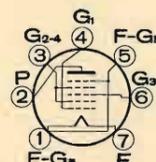


Fig. 2. — Disposizione dei collegamenti degli elettrodi ai piedini della valvola 1T4 (vista di sotto).

Nelle figure 1 e 2 sono rispettivamente riportate le dimensioni di ingombro e la disposizione dei collegamenti degli elettrodi ai piedini della valvola.

### CARATTERISTICHE E DATI DI FUNZIONAMENTO

Catodo: rivestito a riscaldamento diretto  
Tensione di accensione (c. c.) . . . . . 1,4 V  
Corrente di accensione . . . . . 0,05 A  
Posizione di montaggio . . . . . qualsiasi

### CONDIZIONI MASSIME DI FUNZIONAMENTO

Massima tensione anodica . . . . . 90 V  
Massima tensione di schermo ( $g_2$ ) . . . . . 90 V  
Massima tensione di griglia ( $g_1$ ) . . . . . 0 V  
Massima corrente catodica . . . . . 5,5 mA

### CAPACITÀ INTERELETTRICHE DIRETTE (1):

Griglia 1 - anodo . . . . . 0,01 pF  
Ingresso . . . . . 3,6 pF  
Uscita . . . . . 7,5 pF

(1) Con o senza schermo esterno connesso al negativo del filamento (piedino 1).

### CONDIZIONI NORMALI DI IMPIEGO

(Amplificatore classe  $A_1$ )

Tensione anodica . . . . .	45	67,5	90	90	V
Tensione di schermo . . . . .	45	67,5	45	67,5	V
Tensione di griglia (2) . . . . .	0	0	0	0	V
Resistenza anodica (circa) . . . . .	0,35	0,25	0,8	0,5	MΩ
Tranconduttanza ( $G_m$ ) . . . . .	700	875	750	900	$\mu A/V$
Corrente anodica . . . . .	1,7	3,4	1,8	3,5	mA
Corrente di schermo . . . . .	0,7	1,5	0,65	1,4	mA
$V_{g1}$ per $G_m = 10 \mu A/V$ . . . . .	-10	-16	-10	-16	V

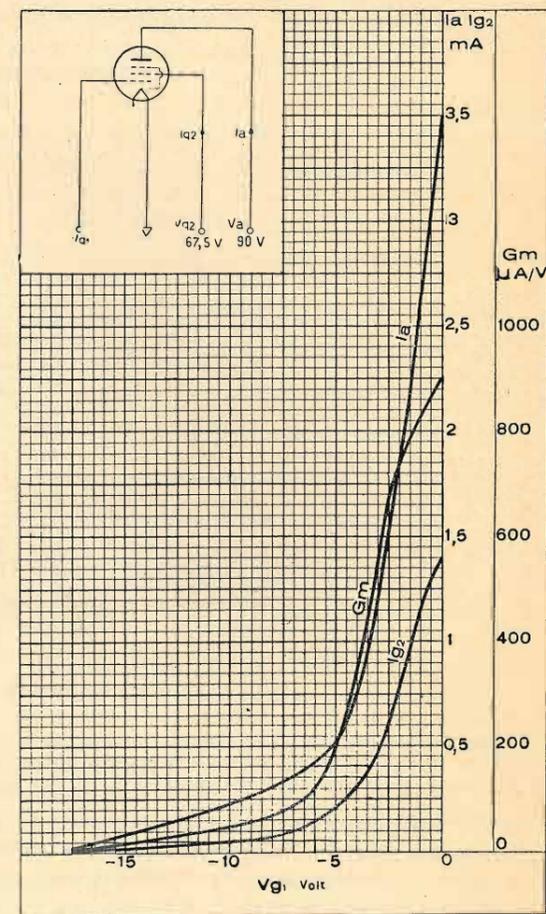


Fig. 3. — Caratteristiche mutue valvole 1T4.

(2) Riferita al negativo del filamento (piedino 1).

Richiedete alla

**EDIZIONI RADIO ITALIANA**

Via Arsenale, 21 - TORINO

il nuovo libro del

Dott. Ing. **ANDREA MAGELLI**

## PRINCIPI FONDAMENTALI DI TELEVISIONE E M. F.

INVIANDO L'IMPORTO DI L. 2500 (duemilacinquecento) O VERSANDOLO SUL CONTO CORRENTE POSTALE N. 2/37800, IL VOLUME VERRÀ SPEDITO FRANCO DI PORTO.

### Impiego della 6/12SL7 GT in amplificatori di B.F.

Il tubo 6SL7 GT è un doppio triodo ad alto fattore d'amplificazione, il cui impiego in amplificatori di B.F., con i due triodi in cascata accoppiati a resistenza e capacità, è poco diffuso, quando si desiderino forti amplificazioni, per la sua spiccata tendenza all'innesco.

Questa tendenza è dovuta agli inevitabili accoppiamenti tra i reofori delle due sezioni nell'interno del bulbo e nei

quale si otterranno oscillazioni persistenti se la frazione di tensione alternata riportata dall'uscita all'ingresso, attraverso la capacità  $C$ , è sufficientemente ampia.

Più precisamente il circuito di reazione è composto dalla capacità  $C$  tra la placca del secondo stadio e la griglia del primo e dalla capacità  $C_i$  d'ingresso del primo stadio. Quest'ultima ha in parallelo la resistenza del potenziometro regolatore di volume.

Da varie considerazioni (sfasamento fra tensione d'in-

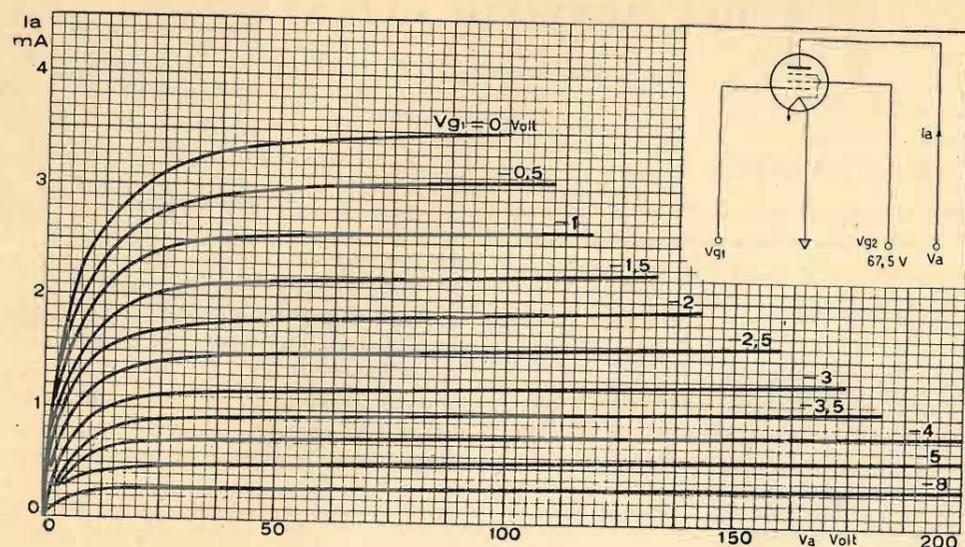


Fig. 4. — Caratteristiche anodiche valvola 1T4.

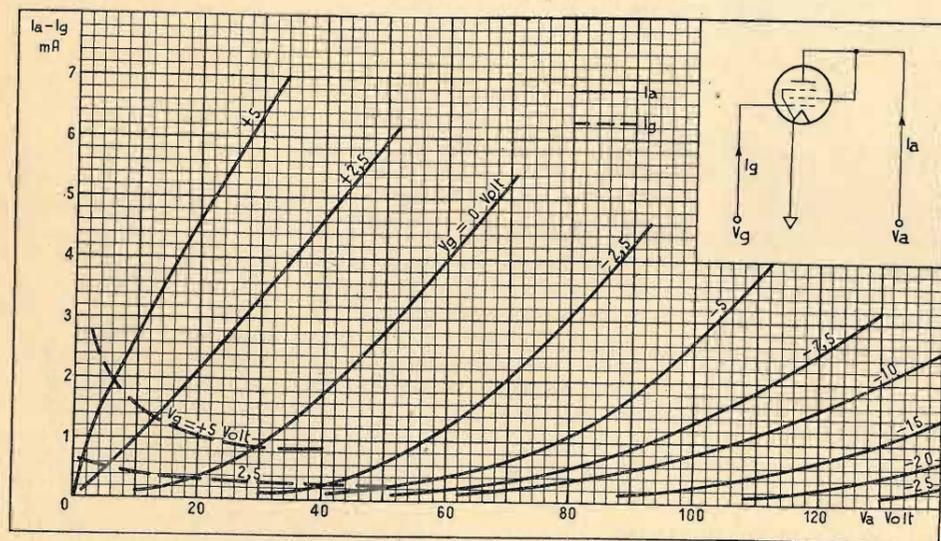


Fig. 5. — Caratteristiche anodiche collegamento a triodo della valvola 1T4.

pedini dello zoccolo. In particolare, la capacità tra la placca del triodo usato nel secondo stadio e la griglia del primo (elettrodi sui quali si hanno tensioni alternate aventi la medesima fase) riporta all'ingresso del primo stadio una frazione della tensione alternata d'uscita in modo da determinare una reazione positiva.

L'esame della figura 6, in cui è riportato lo schema di un amplificatore a resistenza e capacità, mostra come, in effetti, il circuito diventi quello di un multivibratore dal

gresso e tensione d'uscita, reattanza della capacità  $C$ , frequenza delle oscillazioni del circuito considerato come multivibratore, ecc.) risulta che la frequenza per la quale si ha maggior tendenza all'innesco è piuttosto elevata. L'esame del circuito di reazione viene molto semplificato da tale constatazione, poichè si può trascurare l'alta resistenza del potenziometro di fronte alla bassa reattanza della capacità d'ingresso  $C_i$ . Il circuito di reazione diventa come in figura 7, cioè assume l'aspetto di un partitore

capacitivo, in cui il rapporto  $k$  tra la tensione riportata all'ingresso e la tensione di uscita è dato da:

$$k = \frac{C}{C + C_i}$$

Da questo punto di vista è facile riconoscere che il sistema può entrare in oscillazione se tra le due tensioni  $kC_i$  e  $C_i$  si ha un rapporto almeno uguale all'inverso del

aggiuntiva, per cui la debita capacità (dinamica) risulta data da:

$$C_i = C_{gc} + C_{gp} (M + 1)$$

dove  $M$  è il guadagno di tensione della griglia alla placca,  $C_{gc}$  e  $C_{gp}$  sono rispettivamente le capacità griglia-catodo e griglia-placca.

Dal manuale dei tubi ricevuti FIVRE ricaviamo per il tubo 6SL7 GT i seguenti valori di capacità statiche:

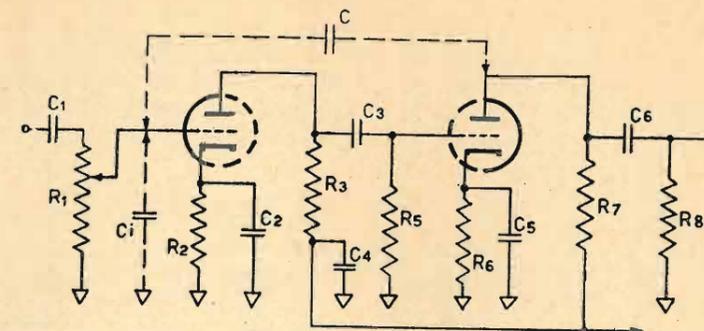


Fig. 6. — Amplificatore di B. F. impiegante una 6/12SL7 con le due sezioni triodo in cascata.

guadagno  $G$  dell'intero amplificatore. Le oscillazioni si verificano quindi se si ha:

$$k = \frac{C}{C + C_i} \geq \frac{1}{G}$$

Da qui si ricava:  $C_i \leq C (G - 1)$ .

#### Eliminazione delle oscillazioni.

Viceversa l'amplificatore funzionerà stabilmente, senza pericolo di innesco, se ci si troverà in condizioni sufficientemente lontane da quelle che rendono verificate le pre-

	Triodo 1	Triodo 2
Capacità griglia-placca . . . . .	2,85	2,9 pF
Capacità griglia-catodo . . . . .	2,5	2,2 pF
Capacità griglia T2-anodo T1 . . . . .	0,12	pF

Per dare un'idea dell'ordine di grandezza della capacità dinamica d'ingresso di una sezione triodo, sostituiamo i valori pertinenti al triodo 1 nella espressione di  $C_i$ , supponendo di voler ottenere da questo stadio una amplificazione  $M = 40$ . Si ha:

$$C_i = 2,5 + 2,85 (40 + 1) = 118,35 \text{ pF}$$

Tornando alle condizioni di non oscillazione, è facile vedere che tali condizioni sono molto lontane dall'essere verificate e che il circuito della figura 6 si comporta inevitabilmente come un multivibratore se l'amplificazione complessiva  $G$  è superiore a un certo limite.

Volendo mantenere un'amplificazione elevata, si impone quindi la necessità di correggere uno dei parametri  $C_i$  o  $C$  per rendere soddisfatte le suddette condizioni. Ovviamente la  $C$  è quella che è e non si può diminuire; si può agire quindi solo sulla  $C_i$  inserendo tra griglia e massa del triodo 1 (quello usato come primo stadio) una capacità aggiuntiva.

(Continua).

E. GIUNTOLI

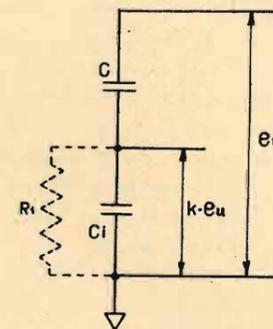


Fig. 7. — Circuito di reazione dell'amplificatore di figura 6.

cedenti disuguaglianze, ossia se  $C_i$  sarà notevolmente superiore a  $C (G - 1)$  oppure  $C$  notevolmente inferiore a  $C_i / (G - 1)$ .

Per valutare la capacità d'ingresso di un tubo amplificatore in funzionamento con carico anodico resistivo si deve tener conto non soltanto della capacità statica tra l'elettrodo d'ingresso e tutti gli altri elettrodi, eccettuato quello di uscita, connessi assieme, ma anche di una capacità

#### Cause di ronzio dovute ai collegamenti di ingresso nei tubi elettronici.

Nei Bollettini di informazione n. 30-31-33 abbiamo trattato del ronzio introdotto negli stadi di ingresso degli amplificatori di bassa frequenza dalla accensione in corrente alternata delle valvole ed abbiamo concluso con un'elencazione dei provvedimenti utili agli effetti di una riduzione del ronzio stesso. Aggiungiamo qui alcune indicazioni circa il collegamento alla valvola di ingresso dell'amplificatore

degli organi che ad esso sono solitamente connessi (microfoni, rivelatori fonografici).

La disposizione dei collegamenti alla valvola di ingresso è molto importante perchè attraverso ad essi possono essere trasferiti sulla griglia della valvola stessa segnali a frequenza della rete, o armoniche di questi, ben superiori a quelli che nell'interno della valvola si producono per i noti effetti di perdita per conduzione ed emissione tra filamento e catodo e per effetto della capacità tra gli estremi del filamento ed i vari elettrodi.

Nel circuito delle figure 8 a) e b) è per esempio illustrata la situazione che s'incontra quando all'ingresso del tubo va collegato un rivelatore fonografico. Spesse volte (fig. 8 a) un estremo del cavetto schermato che chiude il circuito di ingresso è connesso, all'estremo dalla parte del rivelatore,

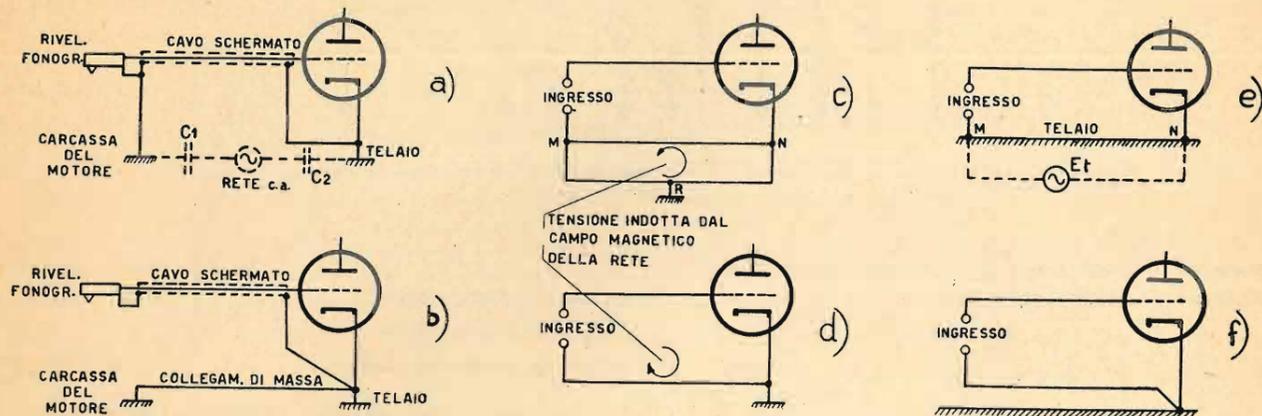


Fig. 8. — Rappresentazione dei vari circuiti di ingresso di un tubo elettronico amplificatore e delle possibili ragioni di ronzio dovuto ad errata disposizione dei collegamenti.

alla carcassa del motore per la rotazione dei dischi, mentre all'altro estremo è connesso al telaio dell'amplificatore. Normalmente tanto la carcassa del motore quanto il telaio presentano verso la rete di alimentazione una elevata capacità che può essere anche dell'ordine di qualche decimo di microfarad, quando siano usati condensatori di by-pass per la radio frequenza. Poichè lo schermo del cavetto d'ingresso presenta una, sia pur piccola, resistenza ai suoi capi si manifesta una tensione di ronzio, come è facile vedere dalla figura 8 a): la tensione ai capi del cavetto schermato, che può essere dell'ordine di alcune decine di microvolt, viene ad essere inclusa direttamente nel circuito di griglia della prima valvola amplificatrice.

Per evitare che la tensione di linea introduca attraverso le capacità verso la carcassa del motore ed il telaio una tensione di ronzio, è necessario che il cavetto schermato venga messo a massa in un sol punto, direttamente al telaio dell'amplificatore, e che la carcassa del motore sia connessa al telaio mediante un collegamento separato, come in figura 8 b).

Un altro rimedio potrebbe essere quello di usare due conduttori di collegamento del rivelatore fonografico al tubo elettronico, di cui uno connesso a massa, entrambi racchiusi in una calza di schermatura che potrebbe in tal caso essere collegata ad un suo estremo al telaio ed all'altro estremo alla carcassa del motore: la tensione di ronzio non si troverebbe in serie al circuito di griglia, sempre che quello

dei due fili, provenienti dal rivelatore, che costituisce il ritorno venga messo a terra in un sol punto sul telaio.

Una cattiva abitudine dei radio montatori è quella di usare per uno stesso circuito molte connessioni di massa. Se non si presta bene attenzione a come queste masse vengono distribuite ed alla disposizione materiale dei collegamenti che ad esse fanno capo potrebbe manifestarsi la situazione illustrata in figura 8 c). Da essa si vede come possano realizzarsi spire chiuse nelle quali il campo magnetico alla frequenza della rete induce tensioni di ronzio che vengono ad essere incluse nel circuito di griglia.

Una situazione analoga, peraltro non frequente, è quella di figura 8 d), in cui il collegamento di griglia ed il ritorno al catodo sono separati, così da creare una spira in cui si induce la tensione di ronzio.

Quando si voglia evitare l'induzione di forza elettromotrice nelle spire costituite dai collegamenti, il rimedio è semplice: poichè una tensione indotta in una spira è proporzionale alla sua area basta far correre molto vicini i collegamenti che costituiscono la spira stessa.

Questi effetti magnetici normalmente non sono di grande entità, ma sommati alle altre numerose ragioni di ronzio contribuiscono a portare il livello del rumore di fondo a limiti inaccettabili.

Va pure prestata attenzione alla circolazione di correnti di ronzio nel telaio. Gli avvolgimenti del trasformatore inducono sul telaio una tensione alla frequenza della rete, che è dell'ordine dei millivolt per metro di lunghezza e fa circolare delle correnti nel telaio stesso.

È pertanto importante che tratti di ritorno attraverso il telaio di circuiti percorsi dai segnali a bassa frequenza siano quanto più brevi possibile, per evitare che in serie alle tensioni utili abbiano a trovarsi le tensioni di ronzio costituite dalle predette tensioni indotte. La figura 8 e) illustra ciò che si verifica ad esempio quando il catodo e la griglia di un tubo amplificatore sono connessi a punti diversi del telaio. In essa si è chiamata con  $E_t$  la tensione di ronzio localizzata tra i punti M ed N del telaio, la quale si trova in serie con quella utile d'ingresso. Ciò non si verifica con il collegamento più conveniente di figura 8 f).

(Continua).

#### FIVRE

Ufficio Pubblicazioni Tecniche  
Via Fabio Filzi, 1 - PAVIA

# DALLA STAMPA ELETTRONICA

H. K. MILWARD - R. W. HALLOWS: **CONFRONTO FRA UN DISCRIMINATORE ED UN RIVELATORE A RAPPORTO** (*Limiter Discriminator versus Ratio-detector*). «Radio-Electronics», vol XXI, n. 2, novembre 1949, pagine 20-22 con 8 figure.

Un confronto fra un circuito rivelatore per M.F. a limitatore-discriminatore ed un circuito rivelatore a rapporto è stato fatto in Inghilterra in occasione delle prime trasmissioni sperimentali a M.F. della B.B.C. Il confronto si è svolto per determinare quale dei due circuiti si presti meglio alla ricezione dei segnali modulati in ampiezza (disturbi).

Dalle prove fatte, consistenti in una serie di misure e di ascolti, si sono tratte le seguenti conclusioni:

1) per segnali poco disturbati i risultati ottenuti con il discriminatore preceduto da un limitatore e con il rivelatore a rapporto sono praticamente uguali;

2) il discriminatore con due limitatori è decisamente superiore al rivelatore a rapporto;

3) la superiorità del discriminatore è nettamente marcata per livelli di disturbo molto alti.

I confronti furono iniziati usando quale disturbo un segnale modulato in ampiezza a 400 Hz iniettato sulla griglia di soppressione del 1° tubo ed osservando la curva del rivelatore all'oscillografo, cioè, secondo il metodo di Seeley-Avins (1), permette anche di tarare con precisione il rivelatore a rapporto.

Successivamente per le misure di confronto si è usato, quale sorgente di disturbi, un circuito comprendente uno spinterogeno ed una candela per motore a scoppio. Questi due organi, assieme alla batteria di accumulatori, sono stati racchiusi in una scatola metallica, come è indicato in figura 1.

Per mezzo di una spira collegata ad un cavo coassiale si è potuta raccogliere una piccola parte di energia elettromagnetica ad alta frequenza generata dalle scintille prodotte tra le punte della candela. Questa energia viene iniettata nel circuito d'antenna del ricevitore. Per ottenere tre diversi livelli di disturbo la spira o cappio sonda si può spostare su tre posizioni. Il livello minore si ottiene con un piccolo cappio collegato alla cassetta esterna (fig. 1 c), il livello medio con lo stesso cappio collegato alla cassetta

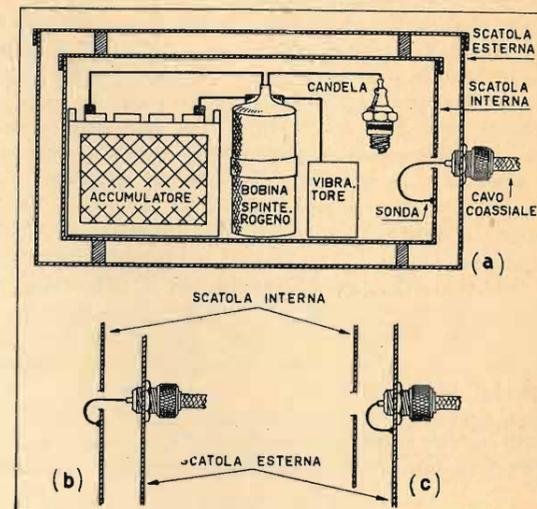


Fig. 1. — Organi che, disposti in due scatole metalliche di schermo, costituiscono il generatore di disturbi. a) La sonda connessa al cavo coassiale capta il massimo dell'energia elettromagnetica provocata dalla scintilla nella candela; b) il segnale disturbatore è più piccolo; c) si ha una ulteriore diminuzione del disturbo.

interna (fig. 1 b), quello massimo con un cappio più grande sempre collegato alla cassetta interna (fig. 1 a).

Questo generatore di disturbi può produrre 50 ÷ 70 impulsi al sec.; essi, data la loro forma e natura producono uno spettro di frequenze che raggiunge ed oltrepassa il centinaio di MHz.

Il segnale disturbatore è stato sempre introdotto sulla griglia di soppressione del primo tubo. Dopo un primo stadio a frequenza intermedia il segnale è stato smistato, mediante due cavi coassiali, nei cir-

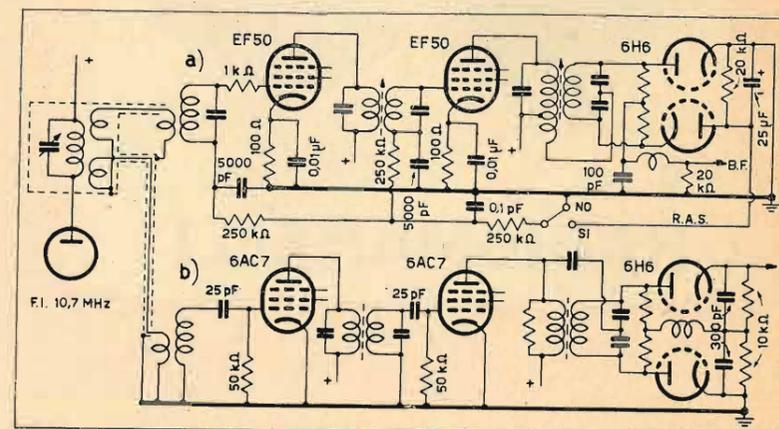


Fig. 2. — Circuiti di rivelazione per la modulazione di frequenza e loro connessioni all'ultimo stadio a F. I. di un ricevitore. a) Rivelatore a rapporto; b) discriminatore normale.

(1) S. W. SEELEY, J. AVINS: *The Ratio-detector* «R.C.A. Review», VIII, n. 2, giugno 1947, p. 201, recensito su «Elettronica», II, 7, settembre 1947, p. 276.

cuiti facenti capo ai due tipi di discriminatore come è illustrato dalla figura 2.

Un voltmetro a valvola con indicatore tarato in decibel consente sia misure in alta frequenza sia in bassa frequenza.

Gli autori hanno cominciato col misurare il livello del rumore, in assenza di segnale, per la sola parte a radio frequenza. Indi hanno inserito il generatore modulato di frequenza (30%) ed effettuarono le misure senza e con il disturbo. Esse, come mostra il grafico di figura 3, sono state eseguite con segnali al disotto del livello di rumore.

In corrispondenza dei vari livelli di segnale modulato è stato rivelato il rapporto « segnale/disturbo » che si ottiene in uscita da due rivelatori. Le due curve tracciate sia per il discriminatore normale con un limitatore sia per il rivelatore a rapporto danno altresì il valore dell'amplificazione dell'apparato. Si può osservare ad esempio che per un rapporto « segnale/disturbo » in entrata di -32 dB (cioè livello del segnale modulato in frequenza inferiore di 32 dB al rumore) si ha per il rivelatore a rapporto un livello di 0 dB in uscita (amplificazione di 32 dB), cioè un segnale eguale al disturbo, mentre per il discriminatore si ha +2,5 dB (amplificazione 34,5 dB). La reiezione dei rumori per il secondo sistema è maggiore del primo di 2,5 dB.

Nel circuito del rivelatore a rapporto è ottenuta altresì una tensione per la R.A.S. Con lo stesso circuito, inserendogli a monte un limitatore ed esclu-

dendo la R.A.S., se ne migliora la resa portandola a coincidere con quella del discriminatore. Quest'ultimo però, con l'ausilio di due stadi limitatori, si avvantaggia notevolmente sul rivelatore a rapporto. Ciò è confermato altresì dalle prove auditive che gli autori hanno eseguito avvalendosi di alcuni tecnici della B.B.C.

(21)

R. Z.

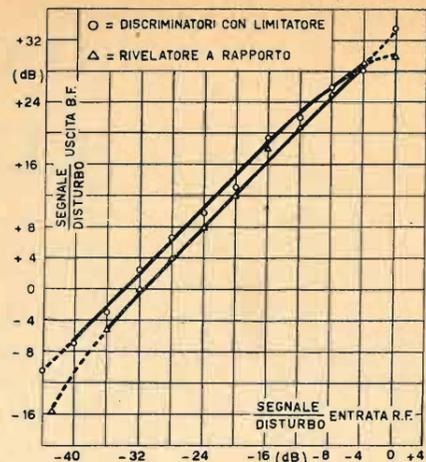


Fig. 3. — Diagramma dei rapporti segnale-disturbo in ingresso al ricevitore e, dopo l'amplificazione e la reiezione, in uscita dal discriminatore.

## LIBRI E PUBBLICAZIONI

### GIUSEPPE DILDA: **Radoricevitori per modulazione di frequenza.**

II edizione, Libreria editrice universitaria Levrotto & Bella, Torino, 1951. Volume in litografia di 216 pagine con 72 ill., 9 schemi ed una tavola f. t. Prezzo L. 1100 in Torino.

Il volume raccoglie le lezioni tenute dall'Autore per il Corso di Perfezionamento al Politecnico di Torino che si svolge presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale « Galileo Ferraris ». Questa seconda edizione è notevolmente ampliata rispetto alla prima (uscita nel 1950) ed ha assunto un carattere più pratico ed applicativo.

Con la chiarezza di esposizione che lo contraddistingue e senza fare eccessivo ricorso a sviluppi matematici, il prof. Dilda ha svolto un tema di grande interesse ed attualità per i radiotecnici italiani.

Nel campo della letteratura radiotecnica italiana, dove purtroppo abbondano le opere abbracciate senza chiarezza di concetti né capacità espositiva, libri come questo non possono non venir accolti con piacere.

Dopo un capitolo iniziale sulla modulazione in generale e su quelle di frequenza e di fase in particolare, un secondo capitolo (forse il migliore dell'opera) passa in rassegna gli stadi caratteristici dei ricevitori M. F., ossia i limitatori ed i rivelatori: di questi ultimi vengono illustrati anche i circuiti più recenti.

Un terzo capitolo esamina compiutamente la regolazione automatica di frequenza, mentre il quarto ha per argomento le antenne riceventi, la commutazione M. A. - M. F., i circuiti convertitori di frequenza e gli amplificatori di radiofrequenza e di frequenza intermedia.

Completano l'opera un'estesa bibliografia, assai utile per il lettore desideroso di approfondire i vari argomenti, e 9 schemi, completi dei valori dei componenti, di sintonizzatori e ricevitori italiani e stranieri.

Fuori testo vien data una nuova ed utile tabella (e grafico) delle funzioni di Bessel di prima specie fino all'ordine 15 ed all'argomento 25.

Quest'opera, concepita come una naturale continuazione dell'altra, precedentemente pubblicata dall'Autore sui radoricevitori a modulazione di ampiezza, ha tutti i requisiti per poter esser considerata a se stante e senza dubbio i radiotecnici che sentono la necessità di prepararsi con chiarezza di idee al prossimo sviluppo della M. F. ed all'avvento della televisione troveranno in essa un notevole ausilio sia teorico che pratico.

All'Autore ci permettiamo di consigliare, in una terza edizione che auguriamo prossima, di soffermarsi un po' più a lungo sui concetti esposti nel primo capitolo e che costituiscono i fondamenti basilari della tecnica della M. F. Anche un ampliamento dell'ultimo capitolo potrà giovare alla completezza dell'opera.

(31)

R. M.

### ANDREA MAGELLI: **Principi fondamentali di TV e M. F.**

Torino, Ediz. Tecn. Eletttroniche 1951. Un volume di cm. 16x22, XII, 391 pagine, 323 figure. Pr. L. 2500.

Questo volume rappresenta la prima pubblicazione italiana destinata ad illustrare in maniera organica e completa i vari aspetti

tecnici del problema della TV e della M. F. Si viene così a colmare una lacuna finora assai sentita nella nostra letteratura tecnica.

L'opera ha carattere principalmente informativo e risulta pertanto accessibile anche a chi sia in possesso solo dei principi fondamentali della radiotecnica: è perciò particolare merito dell'Autore essere riuscito a combinare la semplicità dell'esposizione con l'esattezza teorica della trattazione, sia pure contenuta entro i limiti imposti dalla stessa vastità della materia.

Nei primi otto capitoli si passa da considerazioni generali sulla TV e sugli « standard » (viene illustrato anche lo « standard » europeo consigliato dal C.C.I.R. che sarà, quasi certamente, adottato in Italia) a richiami sui principali circuiti usati negli apparati televisivi, con particolare esame di quelli meno noti nella comune radiotecnica. Seguono 5 capitoli dedicati ai tubi di ripresa e riproduzione e alle installazioni televisive, ivi compresi i trasmettitori, i ponti radio, e i ricevitori, e due capitoli che riassumono notizie e dati sulla TV a colori.

In quattro capitoli sono esposti poi i principali elementi teorici della M. F. e vengono descritti gli impianti trasmettenti e i ricevitori. L'ultimo capitolo è dedicato alle misure e alle relative apparecchiature.

Riteniamo che l'opera incontrerà successo presso tutti coloro che si vorranno accostare all'argomento sia per accrescere le proprie cognizioni, sia per prepararsi al lavoro in questa nuova promettente branca della tecnica.

(32) F. R.

L'opera potrà essere richiesta direttamente alla Edizioni Radio Italiana, che la spedisce franco di spese.

### CLAUDE MERCIER: **La réception radiophonique à bon marché.**

Edizioni UNESCO - Parigi 1950. Un volume di cm. 13,5 x 21, 128 pagine, prezzo 200 franchi.

Quest'opera fa parte di una collezione di studi sulla stampa, il film e la radio nel mondo d'oggi, pubblicata dall'UNESCO; il suo Autore è direttore tecnico della Radiodiffusion Française ed è stato membro delle diverse delegazioni francesi alle varie Conferenze internazionali per le radiocomunicazioni.

Gli studi suddetti, partendo dalla premessa che è necessario far conoscere le possibilità offerte dalla stampa, dal film e dalla radio, tre mezzi potenti la cui influenza si esercita sullo spirito, sulle opinioni e sul modo di vivere dell'uomo moderno (e che è del pari necessario mettere in guardia contro gli abusi che la loro utilizzazione potrebbe comportare), tendono allo scopo di fornire informazioni pratiche a tutti coloro che s'interessano all'informazione delle masse.

Il volumetto contiene i risultati di una inchiesta svolta dall'UNESCO in numerosi paesi del mondo circa gli sviluppi dell'ascolto radiofonico. Constatando che particolarmente nei Paesi economicamente deboli e privi di un'industria radioelettrica il problema della diffusione dell'ascolto si pone in modo assai acuto, il lavoro si prefigge di fornire, alle autorità preposte a tale problema, un panorama delle soluzioni che possono ritenersi consigliabili. Tali soluzioni vengono considerate in relazione alle possibilità di trasmissione, alla disponibilità di energia elettrica ed alle condizioni geografiche e sociali dei diversi Paesi.

Tutti i problemi tecnici, economici e politici inerenti allo sviluppo dell'ascolto radiofonico vengono presi in esame e di ognuno vengono indicate alcune possibili soluzioni pratiche.

Di moderato interesse per l'ascoltatore italiano, il libro offre ottimo materiale per chi si interessi di problemi radiofonici o dell'organizzazione radiofonica in generale.

(37)

R. M.

## LA EDIZIONI

### RADIO ITALIANA

presenta ai lettori una nuova collana di libri: i **SAGGI** in cui vengono pubblicate studi e rielaborazioni sull'attività svolta dalla Radio Italiana nel campo della informazione politica sociale culturale ed economica.

Esce in questi giorni il primo volume

### G. B. ANGIOLETTI

## UN EUROPEO D'ITALIA

PREZZO L. 500



Questo libro, sulla base di numerose e autorevolissime testimonianze raccolte in occasione dell'«Inchiesta in Occidente», condotta per iniziativa della RADIO ITALIANA, riassume consapevoli meditazioni dell'Autore, antiche e recenti.

In vendita nelle principali librerie. Per richieste dirette indirizzare a

**EDIZIONI RADIO ITALIANA**

VIA ARSENALE 21 - TORINO

che provvede all'invio franco di altre spese contro rimessa anticipata di Lire 500. Il versamento può essere effettuato sul c/c postale 2/37800.

Rappresentanze esclusive  
per il Piemonte:

"OLYMPIC,,

Televisori

"JACKSON,,

Strumenti di misura

"MILLEN,,

Parti staccate

"GENERAL CEMENT,,

Adesivi

Forniture:

**Ricevitori**

Mod. Amp. ed F. M.  
a 3 e 5 gamme.

**Sintonizzatori F. M.**

Mod. T. V. per il suono  
della Televisione.

**Scatole di montaggio**

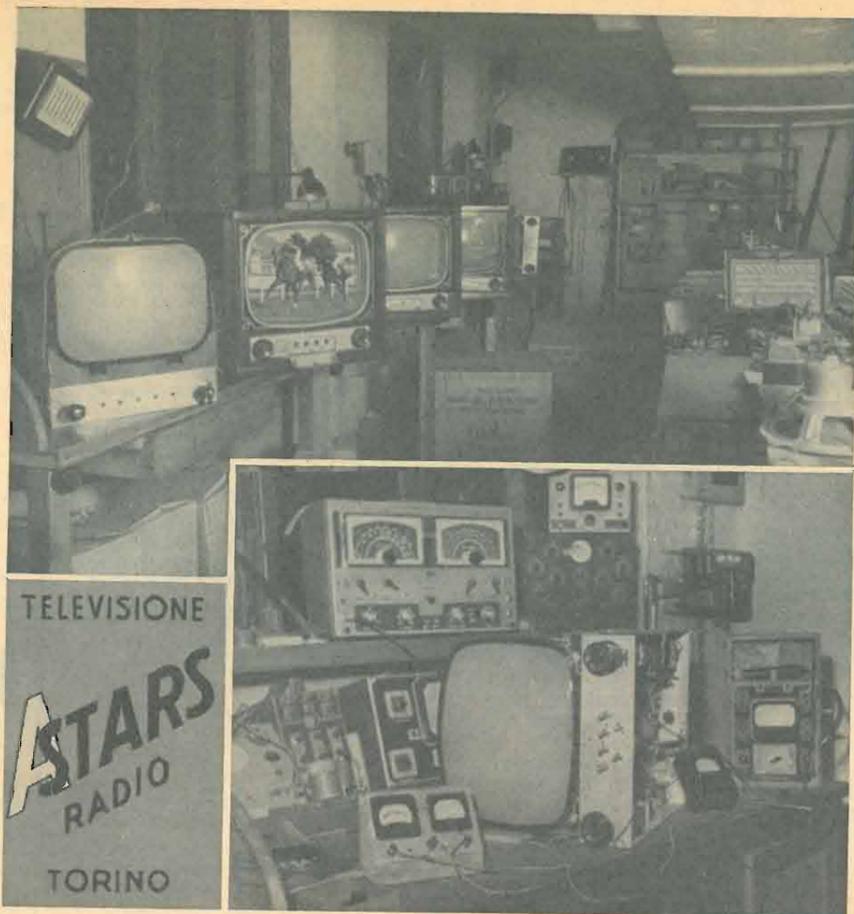
dei ricevitori e adattatori  
di cui sopra e Televisione.

**Parti staccate**

Medie Frequenze per  
F. M. con discriminatore.  
Antenne per F. M. e Televisione.

Laboratorio attrezzato per  
riparazioni e modifiche di  
qualsiasi specie.

Prezzi speciali, sconto per  
rivenditori e O. M.



**TORINO - CORSO GALILEO FERRARIS 37 - Telefono 49.974**



## LABORATORIO RADIO

DI MARIO SALSARULO

*Servizio riparazioni*

**TORINO - CORSO REGINA MARGHERITA 119-121**

**COSTRUZIONE E RIAVVOLGIMENTO TRASFORMATORI PER APPLICAZIONI RADIOELETTRICHE**

**CONSEGNE SOLLECITE - LAVORAZIONI ACCURATE - Si garantisce la perfetta osservanza delle norme C.E.I.**

## NOTIZIARIO

(segue da pagina 8)

La Russia installerà altri trasmettitori a Stalingrado, Kiev e Sverdlowk.

Altri paesi possiedono già trasmettitori funzionanti, il cui esercizio ha però carattere sperimentale. Essi sono: l'Italia (Torino - Eremo), l'Irlanda (Dublino), la Svezia (Stoccolma), la Svizzera (Zurigo), la Cecoslovacchia (Praga).

Due paesi, infine, e cioè il Belgio e l'Austria, hanno installazioni sperimentali che non irradiano; mentre la Polonia prevede l'installazione, nei prossimi 6 anni, di un trasmettitore a Varsavia e di uno a Kattowitz; e la Spagna di uno a Madrid e uno a Barcellona.

In Italia la RAI ha sottoposto all'esame del Ministero delle Telecomunicazioni, un piano settennale di vastissima portata che dovrebbe essere realizzato parallelamente al nuovo sistema di connessioni telefoniche a mezzo di cavi coassiali, necessario per permettere la distribuzione dei programmi ai vari trasmettitori. Questo piano, che verrà successivamente illustrato più ampiamente in questa sede, prevede l'installazione in tre fasi dei trasmettitori di Torino-Eremo, Milano-Monte Penice, Milano-Città, Roma-Monte Mario, Venezia-Monte Venda, Genova-Portofino, Napoli-Sant'Elmo, Firenze-Monte Serra, Firenze-Trespiano ed un gruppo di trasmettitori nell'Italia Meridionale ed Insulare, la cui precisa ubicazione verrà determinata in base ai risultati degli esperimenti pratici attualmente in corso nell'Italia Settentrionale.

Sono noti gli ostacoli insormontabili che si oppongono ad una copertura totale di un paese montuoso mediante l'uso di onde cortissime, come quelle adoperate per la Televisione. Comunque il piano sovraccennato, e che è assai lungimirante, è stato concepito per servire circa 24 milioni di abitanti del paese. Il Consiglio Superiore delle Telecomunicazioni ha dato recentemente parere favorevole al piano, autorizzando, per quanto di sua competenza, l'inizio dei lavori relativi alla prima fase, che comprende i trasmettitori di Torino-Eremo (già esistente), Milano-Monte Penice, Milano-Città e Roma-Monte Mario.

La RAI ha deciso di iniziare la attuazione di questa prima fase del piano senza attendere che siano pronti i primi tratti di cavo coassiale per i collegamenti interstazionali. In particolare si conta di poter attivare, all'inizio della primavera prossima, l'impianto di Milano-Città.

La stazione di Roma-Monte Mario dovrà funzionare per qualche tempo autonoma, mentre i tre impianti del Nord verranno collegati con un ponte radio Milano-Monte Penice-Torino.

(33)

### RIUNIONE DEL C. C. I. F. A FIRENZE

Nel mese di ottobre u. s. si è riunita a Firenze la XVI Assemblea Plenaria del C.C.I.F. (Comité Consultatif International Téléphonique), ospitata dall'Amministrazione italiana a Palazzo Strozzi.



L'ing. Antinori, ispettore gen. sup. delle Telecomunicazioni, apre a Palazzo Strozzi, in Firenze, la seduta inaugurale delle riunioni del C. C. I. F. Alla sua destra il sig. Valensi, direttore del C. C. I. F. e, a sinistra, il prefetto di Firenze Soldaini.

Nella prima decade del mese si sono riunite le numerose Commissioni di studio specializzate, in particolare la Commissione mista per il programma di interconnessione europea e del bacino del Mediterraneo, che ha preso in considerazione i programmi dei nuovi collegamenti interurbani a grande distanza sia via cavo, sia via ponti radio, che costituiscono ormai un mezzo di collegamento della tecnica normale dei telefonici.

La Commissione per le prove dell'esercizio semiautomatico interurbano si è occupata dei collegamenti a lunga distanza comandati automaticamente, primo passo verso la teleselezione generale.

La Commissione del vocabolario telefonico ha proseguito il suo ponderoso lavoro di preparazione di un vocabolario in più lingue dei termini telefonici, che dovrebbe essere integrato dall'analogo lavoro dei Comitati telegrafici e radio, per avere un completo vocabolario multilingue delle telecomunicazioni. Inoltre sta elaborando anche un repertorio di definizioni come completamento del vocabolario stesso, affinché i termini delle varie lingue siano usati con un appropriato ed univoco significato.

La Commissione per le protezioni e corrosioni ha esaminato ulteriori aspetti dell'annoso e sempre attuale problema delle corrosioni dei cavi sotterranei a causa delle correnti vaganti.

L'Amministrazione ferroviaria italiana ha colto l'occasione della riunione per presentare alcuni esperimenti e dispositivi allo studio da parte dell'Amministrazione stessa.

La Commissione per l'acustica e la qualità di trasmissione ha esaminato lo stato dei lavori per la sostituzione del sistema di riferimento S.F.E.R.T. con il nuovo A.E.N., inoltre si è occupata dei rilievi relativi agli apparecchi telefonici nella serie di esperimenti in corso al Laboratorio Centrale di Ginevra.

Le Commissioni per la trasmissione e per la teleselezione hanno esaminato diversi aspetti relativi alle segnalazioni dei comandi a frequenza fonica su lunghe linee.

Infine le Sottocommissioni di manutenzione, dei metodi rapidi di esercizio e la Commissione tariffe, hanno svolto il loro programma di messa a punto di varie questioni di ordinaria amministrazione e relative all'intercollegamento generale.

Chiuso questo primo periodo di lavori, i partecipanti alla riunione hanno effettuato un'escursione a Roma, offerta dalla Amministrazione italiana, dove hanno soggiornato per alcuni giorni e dove vennero ricevuti solennemente dal sindaco, dall'Associazione delle Società telefoniche, ecc. Al ritorno a Firenze, nell'ultima decade del mese, si riunì in diverse sedute l'Assemblea Plenaria per ratificare le proposte elaborate in sede di commissione e concludere i lavori.

Maggiori particolari sul contenuto tecnico di questi lavori verranno dati quando saranno disponibili gli atti ufficiali dell'Assemblea.

(24)

### TELEVISIONE NELLE SCUOLE

« London Calling Europe » informa che la BBC, in cooperazione con un gruppo di scuole secondarie del Kent, effettuerà l'estate prossima un esperimento di televisione scolastica, che dovrà servire di base per un esperimento più ampio nell'autunno successivo. Verranno impiegati ricevitori con schermo di 1 x 1,30 m, del costo di 175 sterline.

(34)

### TELEVISIONE A COLORI

#### Battuta d'arresto

Su richiesta del Capo della « Defence Mobilization » la Columbia Broadcasting System ha sospeso le trasmissioni di televisione a colori iniziate poco tempo fa a New York. Conseguentemente è stata anche sospesa la fabbricazione dei ricevitori relativi.

Più che per ridurre il consumo di materie prime essenziali, il provvedimento è stato preso per aumentare il numero di ricercatori e di tecnici elettronici impiegati nei lavori di fondamentale importanza del riarmo difensivo.

(35)

# F. A. C. E.

FABBRICA APPARECCHIATURE PER COMUNICAZIONI ELETTRICHE

Società per Azioni

## MILANO

VIA L. BODIO 33-39

TEL. 970.841 - 2 - 3 - 4 - 5

970.991 - 2 - 3 - 4

Telegrammi: COMELETTRICA

## ROMA

VIA EMILIA 86

TEL. 481.200 - 45.119

Telegrammi: COMELETTRICA

## TELEFONIA E TELEGRAFIA

- \* Centrali automatiche urbane ed interurbane di ogni capacità
- \* Centralini automatici per servizio privato
- \* Centralini manuali a batteria centrale
- \* Centralini manuali a batteria locale
- \* Centralini per navi
- \* Impianti di teleselezione
- \* Equipaggiamenti per telefonia a F. P. e per cavi coassiali
- \* Bobine Pupin
- \* Impianti telefonici per impieghi speciali
- \* Apparecchi telefonici di qualsiasi tipo e per qualsiasi impiego
- \* Centrale per telescriventi
- \* Equipaggiamenti a telegrafia armonica

## RADIO

- \* Ricetrasmittitori di qualsiasi tipo e frequenza di lavoro a modulazione di ampiezza o modulazione di frequenza
- \* Ricetrasmittitori per stazioni mobili
- \* Ricetrasmittitori a banda laterale unica
- \* Ponti radio monocanali o pluricanali
- \* Terminali per ponti radio
- \* Radar

## RADDRIZZATORI AL SELENIO

# I QUADERNI DELLA **R**RADIO

La Radio Italiana raccoglie in singoli "quaderni" le trasmissioni di lettere, teatro e scienza che hanno suscitato fra gli ascoltatori maggiore interesse. Sono volumetti che presentano in elegante veste editoriale saggi di ottima prosa italiana, dando vita alla figura dell'ascoltatore-lettore. L'uomo di buona cultura avrà così la possibilità di arricchire il proprio spirito, tanto nella immediata e vasta risonanza della parola quanto nelle riposanti e durevoli meditazioni.

### CONFESSIONI DI SCRITTORI

Poeti, narratori e critici rivelano delusioni e speranze, orientamenti e preferenze . . . . . L. 300

### INCHIESTA SUL NEOREALISMO A CURA DI CARLO BO

Il movimento artistico più discusso del nostro tempo, visto nei suoi aspetti da scrittori e critici. Un documento di viva attualità . . . L. 350

### VINI ITALIANI

Arguta rassegna dei nostri celebratissimi vini presentata da enofili di eccezione . . . . . L. 250

### MEZZO SECOLO (Il progresso scientifico)

Sintesi obbiettiva dell'evoluzione delle scienze in questo cinquantennio. Una lettura avvincente per tutti . . . . . L. 300

### MEZZO SECOLO (Vita, pensiero e arte)

Lettere filosofia storia arti e moralità nella prima metà del Novecento . . . . . L. 300

### FIGURE DEL PRIMO SOCIALISMO ITALIANO

Maestri di solidarietà umana rievocati con commossa ammirazione dai discepoli d'oggi . . . . . L. 250

### I SEGRETI DELLA VITA UMANA DI GIUSEPPE TALLARICO

Un'indagine biologica volta a svelare momenti diversissimi della nostra esistenza, con l'ausilio di una filosofia serena e ottimistica . . . L. 250

*ultime  
novità*

Le pubblicazioni della EDIZIONI RADIO ITALIANA sono in vendita nelle principali librerie. Per richieste indirizzare a EDIZIONI RADIO ITALIANA - VIA ARSENALE, 21 - TORINO, che provvede all'invio franco di altre spese contro rimessa anticipata dei relativi importi.

I versamenti possono essere effettuati sul c/c postale n. 2/37800.

# NELLA VITA UN BUON CONSIGLIO VALE PIÙ DI UN COSTOSO REGALO!

*Segnalate e consigliate  
ai Vostri parenti, amici  
e conoscenti*

**DEBOLI DI UDITO**  
*questo nuovo apparecchio  
elettronico **italiano** di:*

**Alta qualità**

**Sicura garanzia**

**Consumo ridotto**

*del modico prezzo di*

**L. 68.500**



*Chiedere notizie e illustrazioni alla*

**Soc. R.I.E.M.**

**RAPPRESENTANZE INDUSTRIE ELETTROTECNICHE MILANESI**

**CORSO VITTORIO EMANUELE 8 - TELEFONO 794.562 - M I L A N O**