

PUBBLICAZIONI DELL'ISTITUTO NAZIONALE PER L'ADDESTRAMENTO
ED IL PERFEZIONAMENTO DEI LAVORATORI DELL'INDUSTRIA-I.N.A.P.L.I.

SERIE III

N. 27

ELEMENTI
DI
RADIOTECNICA

I.N.A.P.L.I

1958

PREMESSA

La presente pubblicazione I.N.A.P.L.I. intende di offrire in forma ordinata e piana le nozioni essenziali che, insieme con i richiami dei principî elementari della elettrotecnica, facilitano la comprensione dei fenomeni dominanti negli apparecchi radioriceventi del commercio.

Il proposito di conservare la trattazione in termini di estrema volgarizzazione presuppone tuttavia il possesso da parte del lavoratore di una certa cultura generale iniziale di base nel campo della aritmetica, della geometria e della fisica, per l'avviamento ad un successivo più approfondito studio, confortato sempre dalla guida intelligente e competente di volenterosi Istruttori, possibilmente dotati di mezzi sperimentali adeguati.

CAPITOLO I.

RICHIAMI DI ELETTROTECNICA GENERALE

I Gli elettroni nei fenomeni elettrici.

La fisica moderna è arrivata alla conclusione che la materia costituente i corpi non è un insieme omogeneo e compatto, ma è composta di piccolissimi granuli chiamati *atomi*.

Ognuno di questi atomi è formato a sua volta da corpuscoli elettrici appartenenti a due specie diverse: i *protoni* e gli *elettroni*. I primi sono elementi con carica positiva, in numero limitato e strettamente avvinti, e formano un insieme chiamato *nucleo*.

I secondi sono elementi con carica negativa, in numero più o meno grande, e ruotano intorno al nucleo. Gli uni e gli altri sono vincolati tra loro da forze elettriche e formano un sistema equilibrato in tutto simile al sistema planetario nel quale i protoni occupano il posto del sole e gli elettroni quello dei pianeti.

Tutti gli elettroni hanno la stessa carica elettrica e la stessa massa; così pure tutti i protoni. La massa di un elettrone è però circa 1800 volte più piccola di quella di un protone.

In un atomo *neutro*, cioè con cariche elettriche equilibrate, la carica complessiva degli elettroni è in valore assoluto pari a quella dei protoni.

L'atomo di un corpo differisce dall'atomo di un altro corpo per il numero di elettroni ruotanti intorno al nucleo. Questo numero è chiamato in chimica *numero atomico*.

Nei fenomeni elettrici si considerano generalmente i soli elettroni perché questi, almeno in parte e cioè quelli più periferici, possono svincolarsi facilmente dalla materia. Quando uno o più elettroni si staccano dall'atomo,

l'equilibrio cessa e ciò che rimane assume segno positivo (*jone positivo*). Aggiungendo invece elettroni ad un atomo, esso assume segno negativo (*jone negativo*).

La carica positiva di un corpo è dunque dovuta a scarsità in esso di elettroni e quella negativa ad abbondanza di questi.

Per il fenomeno di repulsione o di attrazione tra cariche elettriche rispettivamente uguali od opposte, accade che gli elettroni vengono respinti dalle cariche negative ed attratti da quelle positive. Appunto per tale motivo, quando si applicano agli estremi di un conduttore due cariche elettriche opposte, si sviluppa in esso una *corrente*, cioè uno spostamento di elettroni dall'uno all'altro polo della sorgente. Questi elettroni si propagano nei corpi attraverso i vuoti intra-atomici che sono molto ampi in confronto alle minuscole dimensioni degli stessi elettroni e dei protoni.

È facile concludere che in un conduttore gli elettroni si muovono nel senso che va dal negativo al positivo della sorgente, mentre una vecchia convenzione stabilisce che la corrente elettrica sia considerata come un passaggio di cariche elettriche dal polo positivo a quello negativo del generatore. Ciò non muta nulla agli effetti pratici essendovi analogia perfetta nei fenomeni relativi ai due casi.

2 Correnti continue e correnti alternate.

Una corrente elettrica che scorre sempre nello stesso senso, cioè è originata da una sorgente a polarità costanti, viene chiamata *corrente continua*. Se si collegano, ad esempio, i due poli di una pila alle estremità di un filo metallico, avverrà che in questo la corrente, secondo la convenzione accennata, circola sempre dall'estremità collegata al morsetto positivo della pila verso l'estremità collegata al morsetto negativo, e mai viceversa. Il moto delle particelle elettriche in un dato mezzo è inoltre a velocità costante.

Se gli elettroni si muovono invece in sensi successivamente inversi ed in quantità variabile nel tempo da un minimo ad un massimo, la corrente risultante prende il nome di *corrente alternata*.

Sorgenti di corrente continua sono le *pila*, gli *accumulatori* e le *dinamo*: sono sorgenti di correnti alternate gli *alternatori*, che producono nelle centrali elettriche l'energia utilizzata principalmente dalle industrie ed alimentano le applicazioni domestiche per azionare piccoli motori, accendere lampade, riscaldare fornelli, ecc.

3 Concetti di tensione, intensità e resistenza.

Una qualsiasi corrente elettrica è caratterizzata da due termini essenziali che sono la *tensione* e l'*intensità*.

Chiamasi *tensione* (simbolo V , oppure E) la differenza di potenziale elettrico esistente ai capi di un conduttore connesso ad una determinata sorgente. Detta tensione, dovuta alla sorgente stessa, obbliga gli elettroni a muoversi in maggiore o minore quantità a seconda dell'ostacolo che la materia di cui il conduttore è composto offre a questo moto. Tale ostacolo prende il nome di *resistenza elettrica* (simbolo R) del conduttore.

La quantità di elettroni circolanti nell'unità di tempo attraverso una sezione del conduttore rappresenta l'*intensità* della corrente elettrica (simbolo I). Ne consegue che, a parità di condizioni, più grande è la tensione applicata più forte è l'intensità della corrente sviluppata. Inoltre, a parità di tensione, la intensità di corrente è tanto maggiore quanto minore è la resistenza del conduttore.

4 Concetti di energia e potenza elettrica.

Per energia s'intende la capacità a compiere del lavoro: per energia elettrica s'intende la capacità della corrente elettrica a produrre luce, calore, movimento ecc. Per potenza s'intende la quantità di lavoro compiuto nell'unità di tempo. Similmente, in un circuito elettrico, quando una differenza di potenziale mette in moto una certa quantità di elettricità vi è sviluppo di potenza.

La *potenza elettrica* (simbolo P) si ottiene moltiplicando il valore della tensione per quello dell'intensità. Moltiplicando la potenza per il tempo in cui essa si è sviluppata, si ha la misura dell'*energia elettrica* erogata.

5 Unità di misura e loro simboli.

L'unità di misura della tensione è il *volt*, quello della intensità di corrente l'*ampere*, quella della resistenza elettrica l'*ohm* e quella della potenza elettrica il *watt*.

L'*ampere* (simbolo A) è l'intensità di quella corrente che trasporta $6,25 \times 10^{18}$ cariche elettriche negative, cioè elettroni, al minuto secondo. Questa quantità è chiamata anche *Coulomb*.

L'*ohm* (simbolo Ω) è la resistenza offerta ad una corrente costante da una colonna di mercurio avente una sezione uniforme di un mm^2 ed una lunghezza di 106,3 cm. (alla temperatura di 0°C).

Il *volt* (simbolo V) è quella tensione che applicata ad un conduttore della resistenza di un ohm genera la corrente di un ampere.

Il *watt* (simbolo W) è la potenza erogata al minuto secondo da una corrente costante di un ampere alla tensione costante di un volt.

I multipli e sottomultipli particolarmente in uso di queste unità sono:

Kv	= Kilovolt	= mille volt
mV	= millivolt	= un millesimo di volt
μV	= microvolt	= un milionesimo di volt
mA	= milliampere	= un millesimo di ampere
μA	= microampere	= un milionesimo di ampere
Kw	= chilowatt	= mille watt
K Ω	= chiloohm	= mille ohm
M Ω	= megaohm	= un milione di ohm

Per la misura dell'energia elettrica si hanno le seguenti unità:

J	= joule	= potenza di un watt che agisce per il tempo di un secondo.
Wh	= wattora	= potenza di un watt che agisce per un'ora = 3600 joule.
Kwh	= chilowattora	= mille wattora.

6 Corpi conduttori ed isolanti.

Finora si è parlato genericamente di conduttori elettrici. È ora il caso di precisare meglio.

Qualunque corpo è più o meno atto a condurre corrente. In genere i corpi metallici si prestano più degli altri a questo scopo offrendo, a causa della loro struttura, una resistenza minore al passaggio delle cariche elettriche. Essi vengono perciò chiamati *conduttori*. Fra essi si distinguono l'oro, l'argento, il rame e sue leghe, l'alluminio e lo zinco. Altri corpi, invece, hanno caratteristiche opposte e non si lasciano attraversare dalla corrente.

Questi ultimi, come ad esempio il legno, la carta, il marmo, la mica, la bachelite, il vetro e molte resine sintetiche, vengono chiamati *isolanti*.

7 Resistenza specifica o resistività.

Si chiama resistenza specifica o *resistività* (simbolo ρ) di un corpo, la resistenza in ohm che un solido prismatico dello stesso corpo avente la lunghezza di un metro e la sezione di un mm^2 offre al passaggio di una corrente costante. Per esempio, dire che il rame elettrolitico ha una resistività di 0,0175 significa che tale è il valore della resistenza di un pezzo di filo di questo metallo avente le dimensioni di cui sopra. Per ottenere la resistenza di un ohm ci vogliono circa 57 m. dello stesso filo.

8 Calcolo della resistenza di un conduttore.

La resistenza di un conduttore a sezione uniforme dipende dalla sua resistività; è direttamente proporzionale alla sua lunghezza ed è inversamente proporzionale alla sua sezione. Ciò si esprime mediante la formula:

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad \text{da cui} \quad l = \frac{R s}{\rho} \quad \text{oppure} \quad s = \frac{\rho l}{R}$$

ove R è la resistenza in ohm, ρ la sua resistività, l la sua lunghezza in metri, s la sua sezione in mm^2 .

Esempio pratico: un filo di costantana ($\rho = 0,5 \Omega$ m/mm²) lungo 70 m. e di sezione 0,7 mm² ha una resistenza:

$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{0,5 \times 70}{0,7} = 50 \Omega.$$

9 Leggi elettriche fondamentali.

Dal paragrafo 3 di questo capitolo è intuibile la legge di Ohm che si vuole qui ricordare:

L'intensità di corrente in un circuito elettrico chiuso è direttamente proporzionale alla tensione applicata ed inversamente proporzionale alla resistenza del circuito.

Ciò si esprime mediante la relazione:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{da cui} \quad V = I R \quad \text{oppure} \quad R = \frac{V}{I}.$$

In ciascuna espressione conoscendo due termini si può ricavare il terzo incognito.

Il concetto di resistenza di un conduttore implica che ci siano delle forze da vincere in esso perché la corrente possa attraversarlo. Tali forze sono vinte con un consumo di energia da parte della sorgente elettrica; la stessa energia si trasforma poi in calore nel conduttore. Da ciò trae origine la *legge di Joule* che si vuole qui ricordare:

In un circuito elettrico la dissipazione di energia per calore è direttamente proporzionale al quadrato della corrente, alla resistenza del circuito ed al tempo.

Esprimendo il tempo in secondi si ha l'energia in joule:

$$J = I^2 R t.$$

La dissipazione di potenza è:

$$P = I^2 R, \quad \text{da cui} \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}}, \quad \text{oppure} \quad R = \frac{P}{I^2}.$$

La quantità di calore prodotto, espressa in calorie è:

$$q = 0,00024 R I^2 \text{ calorie al minuto secondo}$$

$$Q = 0,860 R I^2 \text{ calorie all'ora.}$$

Dalla definizione di potenza elettrica del paragrafo 4 si ricava che la potenza prodotta od assorbita da una macchina o apparecchio elettrico è anche:

$$P = V I, \text{ da cui } V = \frac{P}{I}, \text{ oppure } I = \frac{P}{V}.$$

Combinando questa espressione con quella riassunte la legge di Ohm si arriva a determinare la potenza in funzione della resistenza del circuito e della tensione applicata:

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ da cui } V = \sqrt{P R}, \text{ oppure } R = \frac{V^2}{P}.$$

È da osservare che tutte le formule sin qui citate valgono per la corrente continua, ma si possono applicare anche alla corrente alternata quando il carico è puramente resistivo (carico ohmico), ossia quando il circuito di utilizzazione non contiene reattanze (vedi più avanti, Cap. III, paragrafo 40).

Inoltre, nelle applicazioni delle leggi enunciate, le grandezze di tensione, intensità e resistenza vanno espresse nelle unità di misura note e cioè, rispettivamente, in volt, ampere ed ohm.

10 Densità di corrente nei conduttori.

Allo scopo di ridurre il riscaldamento dei conduttori elettrici entro limiti che salvaguardino l'integrità e la conservazione dei loro rivestimenti isolanti, è opportuno evitare che la corrente che li attraversa raggiunga valori troppo elevati in relazione alla loro sezione. Per linee molto lunghe di trasporto di energia elettrica vi è un fattore che interviene a consigliare una bassa *densità* di corrente, ed è quello di limitare la caduta di tensione e la conseguente perdita di energia che si verifica lungo la linea per la resistenza ohmica del conduttore.

Per *densità* s'intende l'intensità di corrente che passa per ogni millimetro quadrato di sezione del conduttore. Tale densità varia da caso a caso a seconda della temperatura ambiente, del tipo di rivestimento, delle possibilità

di raffreddamento, ecc. La densità si esprime in ampere per millimetro quadrato (A/mm²).

11 Variazione della resistenza con la temperatura.

Si è detto che la corrente riscalda i conduttori. Questo riscaldamento fa variare in una certa misura la loro resistenza e precisamente la fa aumentare nei conduttori metallici.

Chiamasi *coefficiente di temperatura* (simbolo α) l'aumento di resistenza che subisce un conduttore della resistenza di un ohm per l'aumento della temperatura di un grado centigrado. Essendo la variazione di resistenza proporzionale alla variazione di temperatura, si può scrivere:

$$R_t = R_0 + R_0 \alpha t = R_0 (1 + \alpha t)$$

in cui:

R_t = resistenza alla temperatura di t^0

R_0 = resistenza alla temperatura di 0^0

α = coefficiente di temperatura del conduttore.

Se invece di partire dalla temperatura zero si parte dalla temperatura t_1 per giungere alla temperatura t_2 si ha la seguente formula:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

essendo R_2 ed R_1 le resistenze relative a t_2 e t_1 .

TABELLA I - RESISTIVITÀ E COEFFICIENTI DI TEMPERATURA DI ALCUNI METALLI

METALLI	Resistività a 20° C in ohm/mm ² /m	Coefficiente tra 0° e 100° C
Argento	0,0165	0,0037
Rame elettrolitico	0,0175	0,0039
Bronzo fosforoso	0,05 ÷ 0,1	0,0039
Ottone	0,06 ÷ 0,08	0,001 ÷ 0,002
Stagno	0,115	0,0043
Zinco	0,061	0,0036
Ferro in fili	0,12 ÷ 0,14	0,0045
Argentana	0,35 ÷ 0,40	0,00007
Nichelero mo	0,9 ÷ 1,1	0,0001 ÷ 0,0002
Costantana	0,49 ÷ 0,51	circa 0

12 Applicazione delle leggi elettriche enunciate.

a) Una pila a secco da 4,5 volt alimenta una lampadina che assorbe 0,2 A. Quale sarà la resistenza (a caldo) della lampadina?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{4,5}{0,2} = 22,5 \Omega .$$

b) Alla tensione di rete di 160 volt si applica una resistenza di riscaldamento che ha il valore di 80 Ω . Qual'è l'intensità della corrente richiesta e quale la potenza erogata?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{160}{80} = 2 \text{ A} \quad P = \frac{V^2}{R} = \frac{160^2}{80} = 320 \text{ W}$$

oppure:

$$P = I^2 R = 2^2 \times 80 = 320 \text{ W} .$$

c) In un circuito elettrico avente 30 Ω di resistenza scorre una corrente di 0,6 A. Qual'è la tensione ai suoi capi e quale la potenza assorbita?

$$V = I R = 0,6 \times 30 = 18 \text{ volt}$$

$$P = I^2 R = 0,36 \times 30 = 10,8 \text{ watt}$$

La potenza è anche ricavabile moltiplicando la tensione per l'intensità:

$$P = V I = 18 \times 0,6 = 10,8 \text{ watt}$$

d) Una lampada elettrica ha una potenza di 60 W. Che corrente richiede e qual'è la sua resistenza (a caldo) se la tensione di rete è di 120 V? Quanto è l'importo corrispondente all'energia consumata in 100 ore se il prezzo unitario di questa è di 30 lire al Kwh?

$$I = \frac{P}{V} = \frac{60}{120} = 0,5 \text{ A} \quad R = \frac{V}{I} = \frac{120}{0,5} = 240 \Omega$$

$$\begin{aligned} \text{costo} &= \text{watt} \times \text{ore} \times \text{prezzo di 1 Chilowatt-ora} = \\ &= 60 \times 100 \times \frac{30}{1000} = 180 \text{ lire} \end{aligned}$$

e) Una linea elettrica in rame, lunga 100 metri, alimenta un carico di 5500 watt alla tensione di 220 volt. Quale potenza sarà perduta nella linea con una densità di corrente di 5 A/mm²? Quale sarà la tensione effettiva della sorgente?

È necessario anzitutto ricavare la corrente assorbita dal carico:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5500}{220} = 25 \text{ A}$$

La sezione del filo deve essere:

$$s = \frac{\text{corrente da trasportare}}{\text{densità ammessa}} = \frac{25}{5} = 5 \text{ mm}^2$$

e il suo diametro:

$$D = \sqrt{\frac{4s}{\pi}} = \sqrt{\frac{20}{3,14}} \approx 2,5 \text{ mm}$$

Per sapere la potenza perduta in linea (P') occorre conoscere la resistenza totale di questa (due conduttori da 100 mt. ciascuno). Tale resistenza è ottenuta mediante la formula già nota:

$$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{0,0175 \times 200}{5} = 0,7 \Omega$$

Dalla legge di Joule applicata alla sola linea si ricava:

$$P' = I^2 R = 25^2 \times 0,7 = 437,5 \text{ W}$$

La tensione effettiva della sorgente (E) è ottenuta aggiungendo alla tensione sul carico (V) la *perdita* o *caduta di tensione* (V') della linea. Questa ultima è:

$$V' = I R = 25 \times 0,7 = 17,5 \text{ volt}$$

quindi:

$$E = V + V' = 220 + 17,5 = 237,5 \text{ volt}$$

13 Effetti della corrente elettrica.

Gli effetti più importanti della corrente elettrica sono tre: l'effetto *termico*, l'effetto *chimico* (o *elettrolitico*) e l'effetto *magnetico*.

L'effetto termico è quello già visto per cui un conduttore attraversato da corrente si riscalda. Questo fenomeno, dovuto a trasformazione di energia elettrica in energia calorifica, viene utilizzato in pratica negli apparecchi di riscaldamento ed in quelli d'illuminazione (lampade ad incandescenza).

L'effetto chimico è quello per cui una corrente, attraversando una soluzione (per esempio acqua contenente un acido, un sale od una base), provoca una decomposizione chimica delle sostanze che compongono la soluzione stessa e permette la separazione di queste sostanze. In tale caso si verifica un movimento di ioni il quale corrisponde ad un vero e proprio trasporto di materia. Il fenomeno chimico della corrente è utilizzato ampiamente in un'applicazione chiamata *galvanostegia*. Il processo di elettrolisi in una soluzione salina permette ad una lastra di metallo, fungente da elettrodo negativo, di rivestirsi di un sottile strato del metallo contenuto nel sale. Altre forme di sfruttamento dell'effetto chimico sono quelle da cui hanno origine le *pile* e gli *accumulatori*, apparecchiature atte le une a *generare* elettricità mediante trasformazione di energia chimica in energia elettrica, e le altre a *immagazzinare* elettricità mediante opportune reazioni sviluppate nel loro interno durante il passaggio della corrente.

Sull'effetto magnetico, di cui si parlerà nel capitolo seguente, sono basati, tra l'altro, i principî di trasformazione dell'energia elettrica in energia meccanica e viceversa. I motori azionati dalla corrente permettono di ottenere energia meccanica per far funzionare qualunque tipo di macchina operatrice industriale, e l'energia meccanica di un motore a scoppio permette di ricavare elettricità da una dinamo o da un alternatore accoppiato al suo asse.

È raccomandabile di rivedere la descrizione di questi fenomeni nei volumi di Elettrotecnica generale o di Elementi di Elettrotecnica.

14 Strumenti elettrici di misura.

Il passaggio della corrente in un circuito elettrico può essere constatato inserendo nel circuito stesso uno strumen-

to chiamato *amperometro*. La presenza della tensione ai capi di un generatore può essere messa in evidenza collegando i due poli di questo ai morsetti di uno strumento chiamato *voltmetro*.

Entrambi questi strumenti sono costituiti essenzialmente da un quadrante graduato, da un indice mobile e da un sistema per lo più magnetico o termico che genera il movimento dell'indice.

Negli strumenti utilizzando l'effetto termico la corrente da misurare attraversa un filo sottile che si riscalda e si allunga. Il filo è ancorato da un lato ed è tenuto teso dall'altro mediante una piccola carrucola ed una molla. L'allungamento provoca la rotazione della carrucola e di conseguenza lo spostamento dell'indice solidale con la carrucola. Questo tipo di strumento è conosciuto sotto il nome di strumento a *filo caldo*.

Nei voltmetri ed amperometri basati sugli effetti magnetici della corrente sono da distinguere due categorie di strumenti, e cioè quelli *elettromagnetici* o a *ferro mobile* e quelli *magnetoelettrici* o a *bobina mobile*. I primi hanno l'indice collegato ad una ancoretta di ferro, la quale è libera di muoversi nell'interno di una bobinetta (piccolo avvolgimento di filo di rame a forma di rocchetto) percorsa dalla corrente da misurare o da una frazione di essa. La bobinetta quando è attraversata dalla corrente produce un campo magnetico che attira o *succhia* l'ancoretta di ferro. I secondi hanno un magnete permanente a forma di ferro di cavallo fra le cui espansioni polari è collocata una bobinetta sostenuta assialmente tra due punte. La bobinetta è trattenuta da due molle antagoniste sottilissime ed a forma di spirale piana. Le due molle sono collegate elettricamente ai terminali della bobina e, nel tempo stesso, ai morsetti esterni dello strumento. Quando circola corrente, il campo magnetico della bobina reagisce col campo magnetico del magnete permanente e produce la rotazione della bobina stessa, la quale trascina l'indice ad essa solidale. La rotazione è proporzionale all'intensità della corrente.

Gli strumenti a filo caldo sono adoperati in genere solo per misure grossolane d'intensità di corrente; essi servono sia per corrente continua che per corrente alternata.

Gli strumenti a ferro mobile sono discretamente sensibili (*) e vengono utilizzati sia come amperometri che come voltmetri. Anch'essi sono in grado di misurare sia le correnti continue che le correnti alternate, ma vengono maggiormente adoperati per queste ultime.

Gli strumenti a bobina mobile funzionano esclusivamente con corrente continua: in questo uso, però, essi si prestano egregiamente per quasi tutte le esigenze di misura. Possono essere costruiti abbastanza facilmente con sensibilità fino al microampere per divisione. Se forniti di speciali raddrizzatori, il loro uso può essere esteso anche alle correnti alternate. Vengono adoperati sia per misure di intensità che per misure di tensione.

15 Misure di intensità di corrente.

La misura dell'intensità di una corrente si effettua disponendo lo strumento *in serie* al circuito di utilizzazione, come indicato nella fig. 1.

Naturalmente lo strumento deve avere una *portata* (valore della corrente di fondo scala) non inferiore all'ordine di grandezza della corrente da misurare. I misuratori di corrente

prendono il nome di *amperometri*, *milliamperometri*, *microamperometri* a seconda che le loro possibilità di misura siano riferite a letture in *ampere*, *milliampere* o *microampere*.

Un misuratore di corrente, al fine di non alterare sensibilmente le costanti del circuito in cui va inserito, deve avere una bassa *resistenza interna*, cioè un basso valore

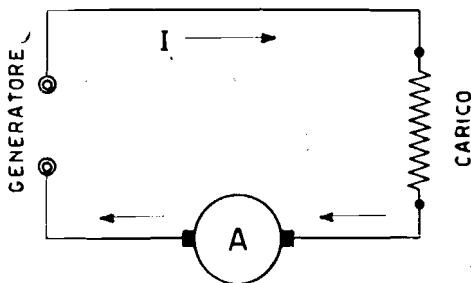


Fig. 1. - Misura d'intensità di corrente.

(*) Per sensibilità s'intende la minima variazione della grandezza da misurare che può essere indicata dallo strumento.

della sua propria resistenza. Negli strumenti a ferro mobile ed a bobina mobile tale resistenza è quella della bobinetta. Maggiore è la corrente da misurare e minore deve essere la resistenza interna. Un rapporto sufficiente nella pratica fra la resistenza del circuito di prova e quella dello strumento è di 1 a 100. Gli strumenti sensibili hanno di solito resistenze interne elevate.

Desiderando, con uno strumento sensibile, realizzare portate elevate di misura di corrente, si dispone fra i due morsetti di esso una resistenza di basso valore, detta *shunt* o *resistenza di derivazione*, atta a lasciar passare la maggiore parte della corrente da misurare. La caduta di potenziale che si stabilisce ai capi di questa resistenza, pur essendo piccolissima, è sufficiente a far deviare l'indice dello strumento.

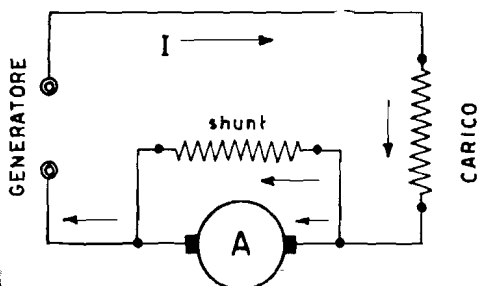


Fig. 2. - Amperometro con shunt.

In altre parole, desiderando aumentare di 10, 100, 1000 volte la portata di un amperometro o di un milliamperometro, si dispone in derivazione ad esso una resistenza rispettivamente 9, 99, 999

volte inferiore. La corrente totale si divide nei due rami (fig. 2) in parti inversamente proporzionali alle relative resistenze.

Nei tre casi accennati 9, 99, 999 parti passano nello shunt ed una parte passa nello strumento.

16 Misure di tensione.

La misura di una tensione si effettua disponendo il voltmetro *in derivazione* (si dice anche *in parallelo*) alla sorgente della tensione stessa o in derivazione a due punti di un circuito elettrico fra cui si voglia effettuare una lettura di tensione (vedi fig. 3). Il voltmetro è costituito ge-

neralmente da un milliamperometro o microamperometro e da una elevata resistenza aggiunta, in esso incorporata. Per esempio, uno strumento di 1 mA equipaggiato con una resistenza addizionale di 1 M Ω forma un voltmetro capace di misurare una tensione massima di 1000 volt. Infatti sono necessari 1000 volt ai capi dell'insieme costituito dallo strumento e dalla resistenza aggiunta perché scorra nello strumento la corrente di 1 mA:

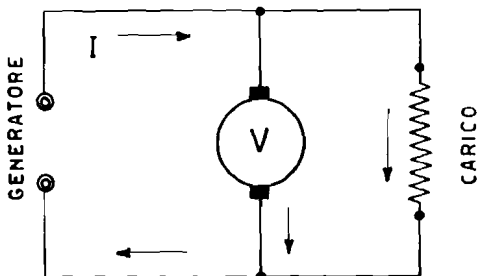


Fig. 3. - Misure di tensione.

$$V = I R = 0,001 \times 1.000.000 = 1000 \text{ volt}$$

Desiderando realizzare con lo stesso strumento una portata di 100 V, basta sostituire la resistenza di 1 M Ω con una di 100 K Ω (la resistenza propria del milliamperometro in oggetto è trascurabile rispetto a questi valori delle resistenze aggiunte).

La resistenza interna di un voltmetro è la somma della resistenza addizionale e della resistenza del misuratore di corrente che lo costituisce. In alcuni casi, specialmente nei circuiti radio, è importante che tale resistenza interna sia la più alta possibile per non alterare la misura. Spesso la resistenza interna viene espressa dai costruttori in relazione all'unità di tensione. Un voltmetro, ad esempio, avente un fondo scala di 500 V, se realizzato con uno strumento di 10 mA, ha una resistenza interna di $500/0,01 = 50.000 \Omega$ oppure, riferendosi all'unità di tensione, di $50.000/500 = 100 \Omega/V$, ossia cento Ω per volt.

I voltmetri vengono costruiti con varie resistenze interne, a seconda dell'uso a cui sono destinati. Per usi industriali è sufficiente una resistenza interna di $100 \div 200 \Omega/V$, mentre nel campo radio sono adoperate resistenze interne fino a $20.000 \Omega/V$ e più.

17 · Misure di resistenza.

La misura di una resistenza si effettua ordinariamente mediante un generatore, un voltmetro ed un indicatore di corrente di portata opportuna. Si realizza il circuito di prova disponendolo come in fig. 1, con l'aggiunta del voltmetro in parallelo al generatore. Il rapporto tra la tensione letta sul voltmetro e la corrente espressa in ampere, dà il valore della resistenza totale del circuito. Sottraendo da questo valore la resistenza interna del generatore e quella del misuratore di corrente, si ha il valore della resistenza di carico.

In pratica, quando non si richiede una notevole precisione di misura, si può trascurare la sottrazione delle resistenze estranee menzionate (le quali normalmente sono molto piccole) e ritenere valido il valore di resistenza ottenuto dal rapporto V/I .

CAPITOLO VIII

IL RADIORICEVITORE COMPLETO

109 Ricevitori a cristallo.

Il più semplice tipo di ricevitore impiega un cristallo di galena come rivelatore. Un pezzetto del minerale è racchiuso in una custodia di vetro che ha ad una estremità un contatto mobile a *baffo di gatto* per la ricerca del punto sensibile. Questo cristallo, insieme ad un adatto circuito accordato e ad una cuffia telefonica, forma un soddisfacente dispositivo per la ricezione della stazione radioemittente locale, beninteso in cuffia.

I principali svantaggi del ricevitore a cristallo sono una cattiva sensibilità, una scarsa selettività ed una bassa uscita. Sostituendo il cristallo di galena con un cristallo *fisso*, al germanio, si elimina l'inconveniente della ricerca del punto sensibile. Il *transistor*, o cristallo a tre elementi di recente concezione, offre la possibilità di amplificare il segnale oltre a quella di rivelarlo. Un esempio di ricevitore a cristallo è stato già dato nella figura 45 b del paragrafo 57.

110 Ricevitori a reazione.

Maggiore sensibilità può essere ottenuta usando una valvola come rivelatore di placca o di griglia. Se al circuito è applicata la reazione, una ulteriore amplificazione si rende disponibile; il trasferimento del segnale dalla placca alla griglia deve essere fatto nella giusta relazione di fase affinché tale incremento di amplificazione sia possibile. Non si deve eccedere nell'uso della reazione altrimenti il circuito può *innescare*, ossia può mettersi a generare oscillazioni e rendere così inintelligibile la modulazione del segnale.

Anche per i segnali radiotelegrafici ad onda persistente continua, che richiedono invece la condizione di innesco, è bene non esagerare nella dose della reazione se si desidera dalla valvola la massima amplificazione. Qualsiasi dei circuiti dati nella fig. 79 del paragrafo 83, può servire come ricevitore a reazione, purché all'entrata venga collegata un'antenna ed all'uscita venga collegata una cuffia.

Quando il ricevitore a reazione lavora in prossimità del punto d'innesco, cioè alla massima sensibilità, la selettività è tale da tagliare seriamente le bande laterali del segnale modulato e produrre quindi distorsione nella parte audio; questo è generalmente il limite oltre cui non è più conveniente spingere la reazione.

Il ricevitore a reazione è poco adoperato perché l'antenna può facilmente irradiare quando il circuito si mette ad oscillare. Ciò procura interferenze agli altri ricevitori situati nelle vicinanze. Uno stadio R. F. tra l'antenna ed il rivelatore può essere d'aiuto per ridurre al minimo questo inconveniente.

III Ricevitori a stadi accordati su R.F.

I semplici ricevitori sopra descritti possono dare maggiore sensibilità, selettività e potenza d'uscita se sono preceduti e seguiti da stadi amplificatori. Uno o due stadi R. F. vengono comunemente usati prima del rivelatore, che è di solito del tipo a rivelazione di placca o del tipo a rivelazione di griglia di potenza. Uno o più stadi B. F. seguono il rivelatore, a seconda della potenza audio richiesta.

Tali ricevitori sono semplici da progettare e da costruire per le normali frequenze di radiodiffusione (onde lunghe e medie), ma presentano difficoltà alle più alte frequenze. Ciò è dovuto al pericolo di instabilità che risulta quando una forte amplificazione è disponibile alla frequenza del segnale-antenna. L'allineamento dei circuiti di sintonia diventa pure un problema man mano che la frequenza aumenta. In linea generale, il ricevitore a stadi accordati presenta l'inconveniente di avere una sensibilità ed una selettività che variano con la frequenza nel campo di sintonia.

Uno schema completo di ricevitore a stadi accordati è mostrato nella fig. 129. Il potenziometro R_1 serve a re-

golare la sensibilità dell'apparecchio, agendo sia come attenuatore del segnale d'antenna, sia come riduttore — per controreazione catodica — dell'amplificazione dei due stadi R. F. Le griglie schermo delle prime tre valvole hanno un unico divisore di tensione. Il terzo stadio è un rivelatore per caratteristica di placca. I due morsetti indicati con le lettere « P. F. » (presa fonografica) rappresentano l'ingresso del segnale proveniente da un complesso giradischi. Il commutatore in prossimità del potenziometro di volume (1° stadio B. F.) serve appunto a passare dalla posizione « radio » a quella « fonogrammi ». Lo stadio d'uscita è costituito da un push-pull di triodi del tipo 2A3; esso dà dieci watt di potenza ed è eccitato da un inversore elettronico di fase del tipo « phase splitter ». Il trasformatore d'uscita trasferisce tra placca e placca dello stadio finale un carico di 5000 ohm. L'alimentatore ha due cellule filtro, l'una comprendente un induttore di filtro vero e proprio e l'altra utilizzando la bobina di campo dell'altoparlante come secondo induttore. La bobina di campo ha una resistenza d'avvolgimento di 750 ohm.

L'inversore accennato, che utilizza un pentodo montato a triodo, ha il carico di placca distribuito in due resistori di uguale valore ohmico, uno inserito nel circuito di placca propriamente detto ed uno inserito tra la massa ed il catodo. La corrente anodica scorrendo in questo secondo resistore sviluppa ai suoi capi un segnale che ha la stessa ampiezza, e fase opposta, di quello sviluppato ai capi dell'altro resistore. Il resistore di griglia dello stadio è ritornato al catodo in un punto a cui corrisponde la giusta polarizzazione.

112 Ricevitori supereterodina.

Il ricevitore supereterodina, quando ha la forma classica illustrata nella fig. 130, presenta parecchi importanti vantaggi sugli altri tipi di ricevitori. Nel circuito supereterodina la frequenza del segnale in arrivo è convertita ad un valore più basso, noto come il valore della media frequenza. La maggior parte dell'amplificazione ha luogo, quindi, a questa nuova frequenza (uguale per tutti i segnali) prima che la rivelazione venga effettuata.

Riferendoci alla parte più delicata del ricevitore, cioè a quella che comprende i circuiti accordati di R. F. e di F. I., possiamo dire che essa è composta dalle seguenti sezioni:

- a) preselettore o amplificatore R. F.;
- b) primo rivelatore o mescolatore;
- c) oscillatore;
- d) amplificatore F. I.;
- e) secondo rivelatore.

La sezione a), se esiste, può includere uno o più stadi (di solito uno). Le sue principali funzioni sono di migliorare il rapporto segnale-disturbo e di provvedere un sufficiente grado di selettività onde impedire la *ricezione multipla*. È così chiamata la ricezione di una stazione trasmittente che viene effettuata su due o più punti del quadrante di sintonia.

Il primo rivelatore riceve sia il segnale modulato proveniente dal preselettore che quello non modulato proveniente dall'oscillatore locale. Questi due segnali R. F. hanno fra loro una differenza costante di frequenza, che viene determinata da un adatto progetto dei circuiti sintonizzati del preselettore e dell'oscillatore. L'uscita del primo rivelatore è accordata a questa differenza di frequenza; come risultato si ha la soppressione sia della frequenza originale del segnale, sia di quella generata dalla somma di essa con la frequenza dell'oscillatore.

Vengono usati vari tipi di primo rivelatore, con prevalenza di quello in cui, essendo compresa la sezione oscillatrice, la funzione di convertitore è svolta da una valvola pentagriglia o da un triodo-esodo.

L'amplificatore a frequenza fissa, chiamato amplificatore F. I., consiste normalmente di un solo stadio, ossia di una valvola e due trasformatori F. I. Questi ultimi sono collocati uno all'ingresso ed uno all'uscita. Nei ricevitori a larga banda ed in quelli professionali è più facile trovare due o più stadi F. I. La frequenza intermedia generalmente adoperata è di 465 Kc/s. I vecchi ricevitori usavano una frequenza di 175 Kc/s, ma, con la comparsa dei nuclei magnetici a polvere di ferro e lo sviluppo dei tubi ad alta conduttanza mutua, decadde l'obiezione che prima precludeva l'uso di frequenze intermedie elevate.

Più alta è la frequenza intermedia, minore è il pericolo che il segnale desiderato venga ricevuto su due punti del quadrante di sintonia fra cui intercorre un intervallo di frequenza pari a due volte il valore della F. I. Facendo un esempio, con una frequenza intermedia di 465 Kc/s un segnale di onda media di 550 Kc/s (limite inferiore della gamma) può dare un secondo punto di ricezione quando l'accordo del ricevitore è portato su una frequenza di $550 + 930 = 1480$ Kc/s (limite superiore della gamma).

In un circuito supereterodina, dato che la maggior parte dell'amplificazione avviene alla frequenza intermedia, che è fissa, il guadagno totale non cambia apprezzabilmente con la frequenza del segnale. Similmente, la selettività rimane approssimativamente costante per il fatto che essa dipende principalmente dal valore della F. I.

Dall'amplificatore F. I. il segnale passa nello stadio del secondo rivelatore, dove la modulazione ad audio frequenza è separata dalla portante e quindi amplificata normalmente da un conveniente amplificatore B. F. Se il rivelatore è del tipo a diodo, come è il caso più frequente, la portante rettificata provvede una tensione c. c. che può essere adoperata per vari scopi di controllo. L'uso principale che si fa di essa è per il controllo automatico del volume o, più esattamente, pel guadagno del ricevitore. Nel circuito del c.a.v. la tensione negativa c. c., che aumenta col crescere del segnale, è applicata attraverso un'adatta rete di disaccoppiamento alle griglie delle valvole di R. F., di conversione e di F. I. Ciò riduce notevolmente l'inconveniente fastidioso conosciuto col nome di *fading* o affievolimento periodico del segnale dovuto a irregolarità di propagazione.

Sarà notato che una supereterodina contiene più circuiti sintonizzati di un ricevitore a stadi accordati senza conversione, ma una minor parte di tali circuiti è a sintonia continuamente variabile.

Riferendoci allo schema di fig. 130, le gamme di ricezione sono due: una di onda media ed una di onda corta. Il condensatore variabile è del tipo a sezioni intere ed uguali e la variazione di frequenza dell'oscillatore è ottenuta col sistema del correttore. Il commutatore di banda ha sei vie e due posizioni; esso permette la commutazione

di tre gruppi di bobine, ciascuno dei quali comprende due circuiti sintonizzati. La bobina d'accoppiamento del circuito d'onda media posto in griglia del convertitore ha in derivazione un resistore di 10000 ohm il cui scopo è di abbassare il Q del circuito onde prevenire un possibile innesco durante l'operazione di allineamento. I trasformatori di media frequenza sono del tipo a permeabilità variabile. Tra la placca della valvola finale e la placca della valvola precedente è posto un resistore di 1 M Ω , che ha lo scopo di controeazionare la sezione amplificatrice di B. F. del ricevitore ed ottenere così un miglioramento di responso del trasformatore d'uscita. Tutte le valvole impiegate sono del tipo miniatura. La valvola rettificatrice, disponendo di un catodo separato, fortemente isolato rispetto al filamento, è accesa insieme alle altre valvole mediante lo stesso avvolgimento del trasformatore di alimentazione. La potenza assorbita dalla rete è dell'ordine di 50 W.

113 Messa a punto della parte A.F. di un radioricevitore.

Per mettere a punto, o allineare, i circuiti di alta frequenza di un ricevitore occorrono alcuni strumenti di laboratorio che sono:

- un generatore di segnali campione;
- un'antenna fittizia;
- un misuratore d'uscita.

Il *generatore di segnali* è uno strumento capace di produrre segnali di alta frequenza simili a quelli irradiati dalle stazioni radiotrasmittenti. Mediante un commutatore di gamma ed una manopola di sintonia a forte demoltiplica, la quale ha il quadrante tarato in gradi o direttamente in Kc/s, esso può fornire qualsiasi frequenza in un campo relativamente vasto. Oltre ad un oscillatore R. F. di alta stabilità, il generatore comprende un oscillatore B. F. per la modulazione dei segnali ed un attenuatore resistivo per regolare gli stessi all'ampiezza desiderata. L'insieme è racchiuso e perfettamente schermato da una custodia metallica, sul fronte della quale sono riportati i comandi necessari ed i morsetti d'uscita.

Nella maggior parte dei generatori di segnali la modulazione della portata è effettuata alla frequenza fissa di

400 c/s, ed ha una profondità pure fissa del 30% (ampiezza del segnale modulante uguale a circa 1/3 dell'ampiezza del segnale R. F.). L'attenuatore è provvisto di un commutatore a cinque scatti, per le grosse regolazioni, e di un potenziometro per la regolazione fine. L'ampiezza massima del segnale disponibile ai morsetti d'uscita è solitamente di 0,1 V. Mediante l'attenuatore esso può raggiungere un valore minimo di 1 μ V.

L'*antenna fittizia* è un dispositivo interposto fra il ricevitore ed il generatore di segnali durante le operazioni di allineamento. Essa, come fa comprendere il suo nome, sostituisce l'antenna vera impedendo che il circuito d'ingresso del ricevitore lavori in una diversa condizione di carico quando si trova collegato al generatore. L'antenna fittizia è generalmente costituita da un induttore, da un resistore e da due piccoli condensatori, i cui valori (per le onde medie) e la disposizione dei quali sono visibili nella fig. 131. Questi organi sono racchiusi in un piccolo involucro metallico di forma cilindrica che reca alle due estremità degli speciali connettori per l'ingresso e l'uscita. Un apposito cavo schermato congiunge il ricevitore con

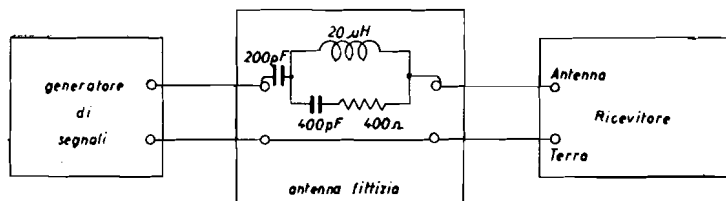


Fig. 131. - Antenna fittizia e modo di collegarla.

l'antenna fittizia, la quale è inserita dall'altra estremità direttamente nell'attacco appositamente previsto sul generatore.

Il *misuratore d'uscita* è di solito costituito da un semplice voltmetro c. a. del tipo a raddrizzatore. Esso ha una elevata resistenza interna ed ha portate di tensione variabili fra 1,5 e 300 V. Può essere collegato sia in parallelo alla bobina mobile dell'altoparlante del ricevitore (portata bassa), sia tra placca e massa della valvola finale (portata alta); in quest'ultimo caso un condensatore a carta di circa

0,5 F e di alto isolamento è interposto tra uno dei capi e la placca per eliminare la componente continua di tensione.

Il misuratore d'uscita serve sia ad effettuare misure di potenza, in funzione della tensione B. F. e dell'impedenza di carico, sia a ricavare delle semplici indicazioni di livello audio quando lo si adopera in congiunzione con un generatore di segnali per prove di allineamento o altre. Durante le prove di allineamento esso dà una lettura che continua ad aumentare man mano che la messa in passo dei circuiti accordati aumenta la sensibilità del ricevitore.

Qualche tipo di misuratore d'uscita è fatto in modo da dover essere inserito al posto dell'altoparlante. In questo caso esso dispone di un'impedenza d'ingresso variabile, che può essere adattata a qualsiasi valore richiesto come carico del trasformatore d'uscita del ricevitore. Lo strumento indicatore è connesso ad un apposito attenuatore tarato onde permettere letture dirette di potenza.

La messa a punto della parte R. F. di un ricevitore del tipo a stadi accordati è molto semplice. Prendendo ad esempio lo schema di fig. 129, essa si svolge nella maniera seguente:

a) Collegare il misuratore d'uscita allo stadio finale, tenendolo inizialmente sulla portata maggiore e girare al massimo sia il comando di sensibilità che quello di volume.

b) Collegare il generatore di segnali all'ingresso del ricevitore tramite l'antenna fittizia. Regolare il generatore stesso per una uscita modulata di circa 1000 μ V.

c) Ruotare alla massima capacità il condensatore variabile multiplo del ricevitore e ruotare i compensatori di taratura disposti in parallelo ad ogni sua sezione (o in prossimità delle bobine di sintonia), in modo che le loro lamine mobili siano per metà inserite.

d) Regolare la frequenza del generatore al valore indicato dalla scala parlante del ricevitore. Aumentare, se occorre, l'uscita del segnale sino ad udire il suono nell'altoparlante. La portata del misuratore d'uscita va ora regolata per una lettura agevole e corrispondente ad una potenza dell'ordine di 0,5 watt (la tensione da misurare è di circa 1,2 V su bobina mobile di 3 Ω , e di circa 25 V tra una placca e massa dello stadio finale).

e) Agire, mediante un cacciavite isolato a lama corta, sui nuclei delle bobine di sintonia in modo da portare al massimo l'uscita audio. Se si oltrepassa il fondo scala del misuratore, diminuire il segnale del generatore. L'ordine di regolazione dei nuclei è progressivo a partire dal terzo stadio e procedendo a ritroso verso il primo.

f) Ruotare il variabile multiplo per il minimo di capacità. Aumentare la frequenza del generatore fino a sentire il segnale modulato. Se non ci fosse coincidenza fra la nuova frequenza segnata dal generatore e quella indicata dalla scala parlante del ricevitore, adattare la frequenza del generatore alla scala ed aumentare l'ampiezza del segnale quel tanto che occorre perché sia avvertibile la modulazione. Regolare con il cacciavite isolato i tre compensatori, uno per volta, sempre cercando di portare al massimo l'indicazione del misuratore d'uscita.

g) Riportare il variabile di sintonia del ricevitore alla massima capacità, e la frequenza del generatore al valore minimo segnato dalla scala parlante. Ritoccare i nuclei delle bobine per la massima uscita. Riaprire completamente il variabile e, con il generatore accordato alla massima frequenza della scala, ritoccare le posizioni dei rotori dei compensatori accennati.

h) Se necessario, ripetere ancora una volta le operazioni di cui alla lettera precedente.

La messa a punto della parte alta frequenza di un ricevitore del tipo supereterodina è un po' più laboriosa di quella precedentemente descritta. Essa si divide in due parti distinte, l'una interessante i circuiti di F. I. e l'altra interessante i circuiti di R. F. Riferendosi allo schema di fig. 131, si procederà nel modo seguente:

a) Ruotare al massimo la manopola relativa al controllo manuale del volume.

b) Annullare l'azione del c.a.v. mettendo a massa, provvisoriamente, la placchetta del tubo 6AV6 che è connessa alle due resistenze di 1 M Ω .

c) Collegare l'altoparlante al secondario del trasformatore d'uscita, e disporre in parallelo alla bobina mobile il misuratore d'uscita commutato sulla portata di 1,5 V.

d) Sconnettere la griglia del tubo convertitore 6BE6, e fra essa e la massa collegare i terminali del cavetto schermato che fa capo al generatore di segnali. Durante questa fase delle operazioni di allineamento non si userà l'antenna fittizia.

e) Tenendo al minimo l'ampiezza del segnale uscente dal generatore, predisporre la frequenza di questo al valore di F. I. del ricevitore. Aumentare quindi il segnale fino a leggere circa 1 V sul misuratore d'uscita. L'altoparlante deve fornire un segnale acustico di 400 p/s puro ed armonioso, ossia esente da distorsione o fischi di natura reattiva.

f) Con il solito cacciavite a lama corta, regolare uno alla volta i nuclei delle bobine di F. I. dei due trasformatori intervalvolari. Si comincerà dal circuito accordato che è collegato al diodo del 2° rivelatore, e si procederà a ritroso verso il tubo di conversione. Ogni regolazione dovrà tendere a portare al massimo l'uscita audio letta sul misuratore. Diminuire l'ampiezza del segnale del generatore man mano che la sensibilità F. I. del ricevitore aumenta.

A scopo orientativo diciamo che la sensibilità F. I. di un ricevitore come quello in questione è di circa $50 \div 70 \mu\text{V}$ per una uscita B. F. di 50 mW misurata sul carico. Tale potenza è controllabile più facilmente disponendo il misuratore d'uscita tra placca e massa del tubo finale 6AQ5. La lettura di tensione corrispondente deve essere di circa 16 V.

Terminata la taratura dei circuiti F. I., si passerà ad allineare i circuiti di R. F. Si sconnetta il generatore di segnali e si ricollegli la griglia della valvola 6BE6 al punto da cui era stata staccata. Si colleghi al generatore, tramite l'antenna fittizia, all'ingresso d'antenna del ricevitore. Disponendo quest'ultimo di due gamme d'onda, si incomincerà ad allineare prima i circuiti relativi alle onde medie e poi quelli relativi alle onde corte. Diamo, per brevità, solo le operazioni di allineamento riguardanti la prima gamma menzionata. Per l'altra si procederà analogamente.

Le tre frequenze di allineamento si suppongono note, ma se ciò non fosse si potrà scegliere come frequenza centrale (F_i) la frequenza che è media aritmetica delle due

frequenze estreme del quadrante di sintonia, come frequenza laterale maggiore (F_1) quella corrispondente a 0,9 volte la frequenza massima dello stesso quadrante, e come frequenza laterale minore (F_2) quella corrispondente a 1,1 volte la frequenza minima. Le successive operazioni da farsi sono:

g) Disporre il generatore di segnali, iniziando con l'attenuatore regolato per una uscita di 200 μ V, alla minima frequenza della gamma di ricezione. Portare al massimo, mediante la manopola di sintonia, la capacità del variabile multiplo del ricevitore. Regolare il nucleo della bobina dell'oscillatore fino a sintonizzare perfettamente il segnale. Regolare i nuclei delle altre due bobine della stessa gamma per la massima uscita audio.

h) Portare l'accordo del ricevitore sull'estremità opposta della gamma e sintonizzare il generatore alla stessa frequenza. Regolare il compensatore dell'oscillatore fino ad udire il segnale; regolare successivamente gli altri due compensatori per la massima uscita audio.

i) Accordare sia il generatore che il ricevitore sulla frequenza di allineamento F_2 . Ritoccare prima il nucleo della bobina dell'oscillatore, per sintonizzare meglio il segnale, e poi i nuclei delle altre due bobine per la massima uscita.

l) Ritornare all'altra estremità della gamma ed accordare ricevitore e generatore alla frequenza di allineamento F_1 . Ritoccare prima il compensatore dell'oscillatore e poi i compensatori degli altri due circuiti R. F. per la massima uscita.

m) Ripetere una o due volte ancora le operazioni di cui alle due lettere precedenti.

n) Portare la frequenza del generatore al valore F ed accordare il ricevitore sul segnale. Può darsi che su questo punto l'allineamento non sia perfetto. Per accertarsene si ruoti uno dei compensatori che riguardano il circuito d'antenna e quello intervalvolare. Se il segnale audio aumenta *chiudendo* il compensatore, vuol dire che il correttore dell'oscillatore deve essere diminuito di capacità; se il segnale audio aumenta *aprendo* il compensatore,

vuol dire che il correttore dell'oscillatore deve essere aumentato di capacità. Naturalmente, ad ogni ritocco della capacità del correttore occorre ripetere le operazioni di allineamento relative alle frequenze F_2 ed F_1 .

La sensibilità R. F. di un ricevitore come quello di fig. 130 si aggira sui $2 \div 5 \mu\text{V}$ per una uscita audio di 50 mW. Mancando lo stadio amplificatore R. F., la sensibilità scende a $20 \div 50 \mu\text{V}$.