

somministrando a essa energia elettrica, essa fornisce energia meccanica e si comporta come un motore. Non è invece reversibile il fenomeno su cui sono basati i microfoni a carbone, poichè una tensione variabile applicata agli elettrodi di un microfono di questo tipo, non determina spostamento della membrana. Il fenomeno reversibile così definito non deve essere confuso con la reversibilità termodinamicamente definita, in base alla quale, una trasformazione reversibile è una trasformazione ideale che avviene senza la minima dispersione di energia e è quindi praticamente irrealizzabile.

REVERSIBILITA' DELL' INNESCO. L'innescò delle oscillazioni in un generatore a tubo termoelettronico si dice *reversibile* quando, aumentando l'accoppiamento fra circuito anodico e circuito di griglia, le oscillazioni innescano in corrispondenza del medesimo coefficiente di accoppiamento per cui si ha il disinnesco allorchè l'accoppiamento viene diminuito. La reversibilità dell'innescò è necessaria nei ricevitori a reazione onde renderne agevole la regolazione, mentre in un generatore vero e proprio, è bene che, indicando

una temperatura superiore a quella normale di funzionamento, essendo nulla la tensione anodica. Buona parte delle particelle di torio volatilizzate verranno così attratte dal catodo che le tratterrà riacquistando, sia pure parzialmente, l'efficienza perduta.

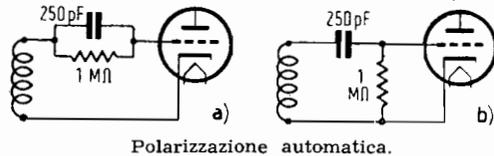
RICE, CIRCUITO —: v. NEUTRODINA, I).

RICERCA AUTOMATICA DELLE STAZIONI: v. SINTONIA, COMANDO DI —.

RICERCATORE DI GIACIMENTI METALLICI. È costituito da un radiorecettore e da un piccolo radiotrasmettitore, disposti a breve distanza e sostenuti da apposito sostegno. Sia il trasmettitore sia il ricevitore, fanno capo a un proprio aereo a telaio. I due aerei giacciono, però, in due piani ortogonali, in modo che il segnale captato dal ricevitore sia trascurabile. Quando una massa metallica esterna squilibra il campo, il ricevitore riceverà un segnale più intenso; se la massa metallica esterna è un giacimento metallico, la presenza di questo viene rivelata.

RICETRASMETTITORE. Chiamasi *ricetrasmittitore* un apparecchiatura radioelettrica destinata sia alla ricezione sia alla trasmissione di segnali radioelettrici. I tipi di ri trasmettitori sono assai diversi e una classificazione dei medesimi, in una trattazione a carattere generale, non può essere stesa, essendo possibile parire da criteri differenti, dipendenti dall'uso cui i ricetrasmittitori da classificare sono destinati, dal tipo di emissione, dal tipo del ricevitore, dall'essere la parte ricevente e la parte trasmittente separate o no, dalla possibilità del funzionamento in duplex, dalla frequenza o dalle frequenze impiegate, dalle dimensioni geometriche, dal tipo di alimentazione, ecc.

I ricetrasmittitori che consentono collegamenti in duplex, sono per lo più costituiti da un ricevitore e da un trasmettitore indipendenti l'uno dall'altro, a meno che non si ricorra al passaggio automatico dalla trasmissione alla ricezione e viceversa, mediante un relè azionato dalla corrente microfonica, convenientemente amplificata. Detto relè dovrà



Polarizzazione automatica.

con k_i il coefficiente di accoppiamento di innescò e con k_d il coefficiente di accoppiamento di disinnesco, sia:

$$k_i > k_d,$$

affinchè squilibri accidentali rendano più difficile il disinnesco. Per ottenere la reversibilità dell'innescò, occorre che la polarizzazione di griglia sia automatica ossia, che essa sia ottenuta mediante un gruppo di polarizzazione, seguendo una delle disposizioni schematizzate in figura a) e b).

RF. Abbreviazione di *radiofrequenza*.

RHODOID [chimica ind.]: v. CELLON.

RHUMBATRON. Termine col quale vengono spesso indicate le *cavità risonanti* del KLYSTRON.

RIATTIVAZIONE DEI CATODI. Il catodotoriato di un tubo termoelettronico può essere parzialmente riattivato, riscaldandolo a

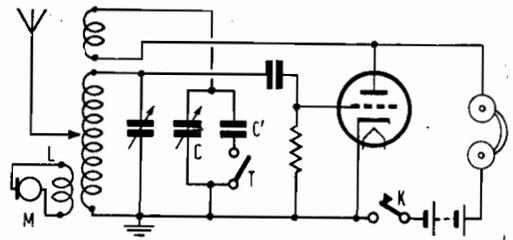


Fig. 1 - Semplice circuito di un ricetrasmittitore.

essere, mediante opportuni artifici, particolarmente pronto nel passaggio dalla ricezione alla trasmissione, affinché non vadano perse troppe sillabe all'inizio dei messaggi, mentre dovrà essere lento, nel passaggio dalla trasmissione alla ricezione, onde evitare il passaggio in corrispondenza di brevi pause fra parola e parola. In questo caso si parlerà di *semiduplex automatico* e sarà possibile occupare un solo canale per la trasmissione nei due sensi.

Un ricetrasmittitore radiotelegrafico e radiotelefonico, la cui semplicità è evidentissima, è schematizzato in fig. 1. Si tratta di un comune ricevitore a reazione, con rivelazione a caratteristica di griglia, nel quale

lunghe, medie o corte. In generale, però, i ricetrasmittitori vengono costruiti per funzionare su onde ultracorte. Un classico ricetrasmittitore portatile è l'« Handy-Talkie » (letteralmente traducendo: parlatore manuale), usato dal « Signal-Corp » dell'Esercito degli Stati Uniti. Questo, nel suo aspetto esteriore, è illustrato in fig. 3. Come si vede, il tutto è racchiuso in una piccola scatola, che costituisce l'impugnatura del microtelefono che serve per la conversazione. L'antenna è a cannocchiale e quindi è rientrabile e il passaggio da trasmissione a ricezione e viceversa, viene effettuato agendo sulla apposita leva, che si trova sul fianco della cassetta. Il peso complessivo del ricetrasmittitore su-

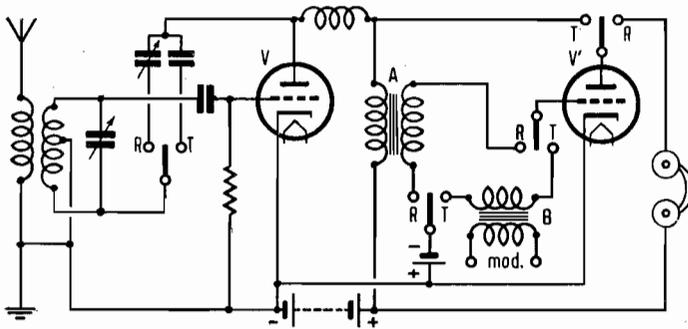


FIG. 2 - Semplice circuito di un ricetrasmittitore.

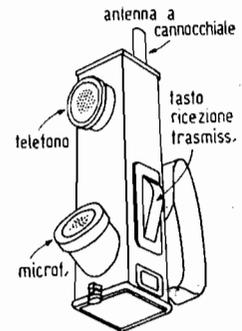


FIG. 3 - Ricetrasmittitore Handy-Talkie.

sono stati aggiunti il condensatore C' , l'interruttore T , il tasto K , il microfono a carbone M e la bobina L . In ricezione, T sarà aperto e il tasto K chiuso. La reazione si regolerà agendo su C . In trasmissione, chiudendo T , il condensatore C' (di capacità $5 \div 10$ volte la massima di C), si avrà l'innescio delle oscillazioni, che possono essere modulate per assorbimento dal microfono M , essendo K sempre chiuso, oppure manipolate, agendo su K . È chiaro che, con un ricetrasmittitore di questo tipo, non sono possibili collegamenti in duplex. Un altro circuito, pure semplice, è schematizzato in figura 2. Quando i tre commutatori sono in posizione R , l'apparecchiatura è ricevente: il tubo V rivela a caratteristica di griglia, mentre il tubo V' amplifica in audiofrequenza. Ponendo i commutatori in posizione T , il tubo V è generatore e il tubo V' modulatore Heising. Del trasformatore intervalvolare A , verrà allora utilizzato solo il primario, come bobina di strozzamento, mentre il trasformatore B , sarà il trasformatore di entrata della modulazione. I due ricetrasmittitori cui abbiamo accennato possono funzionare, dimensionando opportunamente i componenti, su onde

però di poco i 2 kg e mezzo. I tubi sono del tipo miniatura e le dimensioni del complesso $32 \times 8 \times 9,5$ cm. L'interruttore di accensione viene azionato automaticamente, estraendo l'antenna. I tubi elettronici che, come abbiamo detto, sono del tipo miniatura « tutto-vetro », sono cinque e pesano 10 g l'uno. La scatola è in fusione di zinco. Sia la tensione anodica sia la tensione di accensione sono fornite da batterie di pile a secco di convenienti dimensioni (tensione anodica 103,5 V). Il microfono e il ricevitore sono magnetodinamici. Il commutatore per passare dalla ricezione alla trasmissione è a 14 vie e due posizioni, è sviluppato in un piano e si estende in lunghezza a quasi tutto il telaio.

In ricezione, il complesso utilizza un circuito a cambiamento di frequenza a 5 tubi: uno amplificatore RF, uno convertitore, il terzo amplificatore in FI, il quarto rivelatore e, il quinto, un tetrodo amplificatore finale. L'eterodina locale è a frequenza costante ed è pilotata da un quarzo su 460 kHz, che caratterizzano la FI. È quindi evidente che il ricetrasmittitore « Handy-Talkie », può funzionare su di una sola frequenza. In trasmissione, i tubi funzionanti sono solamente quat-

tro. Il segnale generato da un tubo 1R5, controllato a cristallo, viene amplificato da una 3S4 che alimenta l'antenna. Si ha poi un tubo modulatore (3S4), preceduto dal preamplifi-



FIG. 4 - Ricetrasmittitore Imca-Radio, modello IF 610/607.

catore 1S5. Tutti i componenti sono stati appositamente costruiti e dimensionati in modo da rendere minimo l'ingombro e il peso. La frequenza di lavoro è di 3385 kHz, pari a 77,5 m di lunghezza d'onda.

Un ricetrasmittitore, costituito da due unità distinte, un ricevitore e un trasmettitore, è il complesso Mod. IF 610/607 di fabbricazione Imcaradio, illustrato in fig. 4. Esso è destinato a comunicazioni telefoniche nel campo di frequenza compreso fra 30 e 100 MHz. La potenza irradiabile è di 15, 10 e 5 W rispettivamente, alle frequenze di 30, 60 e 100 MHz. Infine, in fig. 5, abbiamo un ricetrasmittitore per aerei da 100 W antenna (Marconi, AD 107/108).

Ritornando alle generalità, si osservi che il progetto di un ricetrasmittitore deve essere subordinato a molte considerazioni, sia di ca-

rattere elettrico sia di carattere costruttivo. Se l'impiego deve avvenire esclusivamente fra punti a portata ottica, è bene dare la preferenza alla frequenze assai elevate, che consentono di ridurre considerevolmente le dimensioni geometriche di molti componenti e di usare antenne molto corte. Le onde ultracorte garantiscono pure una maggiore segretezza. Poichè i ricetrasmittitori devono per lo più essere mobili, è necessario che molta cura sia posta nella scelta dei vari componenti e dei tubi che dovranno funzionare con tensioni ridotte ed essere di scarso consumo, onde rendere minime le dimensioni, il peso dell'apparecchiatura aumentando la sua autonomia. Se uno dei due ricetrasmittitori corrispondenti è fisso e l'altro mobile, è possibile ridurre ulteriormente le dimensioni dell'apparecchiatura mobile, a scapito della sua potenza e della sua sensibilità, aumentando la potenza e la sensibilità del posto fisso, non subordinato a particolari restrizioni « geometriche ».

RICEVITORE. Con *ricevitore*, nel senso generico della parola, può venire indicata una apparecchiatura qualsiasi atta a « ricevere ». In telefonia, chiamasi ricevitore o, più precisamente, *ricevitore telefonico* il trasduttore elettroacustico, destinato a trasformare oscillazioni elettriche in vibrazioni meccaniche (acustiche). In radiotecnica, abbiamo i *radio-ricevitori* che, talvolta, vengono semplicemente chiamati ricevitori. Per quanto riguarda i ricevitori telefonici, v. CUFFIA e TELEFONIA, mentre, per i radioricevitori, v. RICEZIONE DELLE ONDE HERTZIANE. In merito ai ricevitori televisivi, v. TRASMISSIONE DELLE IMMAGINI, b).

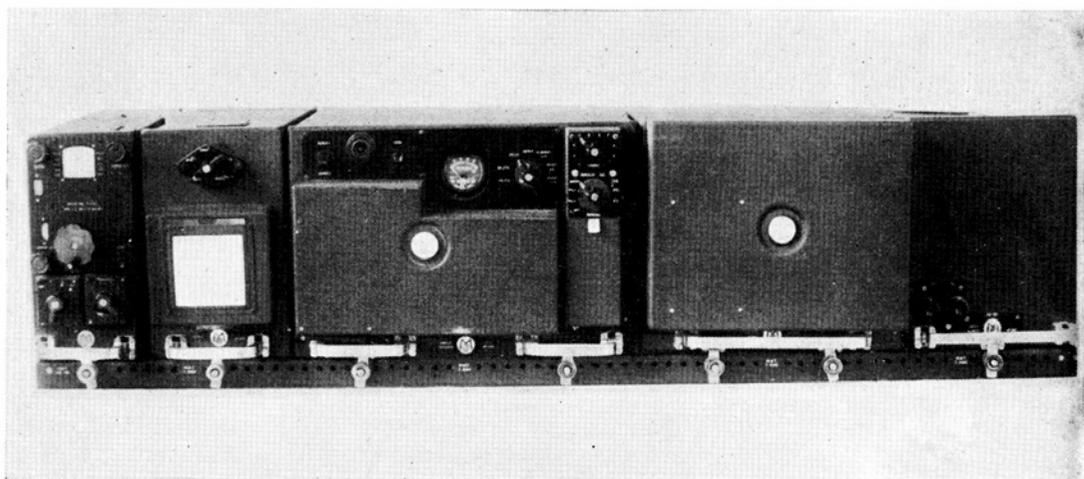


FIG. 5 - Ricetrasmittitore Marconi (AV 107/108) per aerei.

RICEZIONE. || R. DEI SUONI IN ACQUA [*acustica*]: v. ACUSTICA SUBACQUEA, c). || **R. DELLE ONDE HERTZIANE.** La ricezione delle onde hertziane emesse da un radiotrasmettitore, si effettua mediante *radioricevitori*. Questi possono venire classificati in base a diversissimi criteri come, ad esempio, la gamma di frequenza destinata a essere ricevuta, il numero dei tubi, il tipo di alimentazione, il circuito che li caratterizza, il tipo di emissione che devono captare (radiotelegrafica, radiotelemeccanica, radiotelefonica, radiotelevisiva, ecc.), il loro aspetto costruttivo, ecc. ecc. Per quanto riguarda il radioricevitore sotto il suo aspetto più generale, esso è suddiviso in tre parti essenziali e, precisamente, la prima parte, destinata a essere influenzata dal segnale in arrivo, la seconda, destinata a trasformare opportunamente detto segnale, in modo tale che, mediante opportuna trasduzione, che ha

vere. Nel caso della modulazione di frequenza, la rivelazione prende, più spesso, il nome di *discriminazione*. La terza parte del radioricevitore comprende il sistema utilizzatore, destinato alla trasduzione delle variazioni di energia elettrica in variazioni di energia acustica, meccanica, luminosa, ecc., secondo i casi. La terza parte, che comprende per lo più stadi amplificatori, viene chiamata *parte a bassa frequenza* o semplicemente *bassa frequenza* del radioricevitore, sebbene tale denominazione non sia certo appropriata. Se il radioricevitore è destinato alla ricezione di segnali radiotelefonici, questa terza parte chiamasi *parte ad audiofrequenza* o semplicemente *audiofrequenza*.

RICHARDSON. || EFFETTO —. Sinonimo di *effetto Edison* o *termoelettronico*; v. EMISSIONE ELETTRONICA, a).

TABELLA IX — VALORI DELLE COSTANTI CHE COMPAGNONO NELLA [I] (LEGGE DI RICHARDSON).

Sostanza catodica	K	k	Temperatura in [°K]	Rendimento di emissione in [mA/W]
Tungsteno	60,2	$5,24 \cdot 10^4$	2450 ÷ 2600	3 ÷ 15
Tungsteno toriato	3	$3,15 \cdot 10^4$	1900	62,5
Ossidi alcalino-terrosi	$10^{-2} \div 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^4$	1100 ÷ 1170	50 ÷ 125

luogo nella terza parte del ricevitore, esso possa eccitare il nostro senso o, comunque, compiere una data funzione alla esecuzione della quale il radioricevitore è destinato. La prima parte in cui sono in gioco oscillazioni elettriche a radiofrequenza, viene appunto chiamata *parte a radiofrequenza* (o *ad alta frequenza*) del radioricevitore, o semplicemente *radio frequenza* (o *alta frequenza*); essa può comprendere sia organi destinati all'accordo del radioricevitore stesso sulla frequenza da ricevere, sia sistemi di amplificazione delle onde in arrivo, o entrambi i tipi di sistemi. Siccome le oscillazioni a radiofrequenza non sono adatte ad azionare direttamente un sistema trasduttore di energia, è necessario *rivelarle*, ossia trasformarle in variazioni di corrente (o di tensione) continua, che vari secondo la legge di variazione di uno dei parametri che caratterizzano le onde in arrivo. Queste, come è noto, possono essere modulate o manipolate. La rivelazione può avvenire secondo differenti principi e la prima sommaria classificazione si effettua in base al tipo di modulazione delle onde da rice-

LEGGE DI —. Il numero di elettroni che la superficie di un catodo emette nell'unità di tempo e per unità di superficie è funzione della temperatura e della natura del catodo stesso. E questo l'enunciato della *legge di Richardson* che, quantitativamente, può venire espressa dalla relazione seguente:

$$[I] \quad I = K T^2 S e^{-\frac{k}{T}}$$

essendo:

I = corrente elettronica in [A] emessa dal catodo di superficie S ;

K = costante relativa al materiale che costituisce il catodo;

T = temperatura assoluta in gradi Kelvin;

S = superficie attiva del catodo in [cm²];

e = base di logaritmi neper. (2,7182818...);

k = costante relativa al materiale che costituisce il catodo.

Nella TABELLA IX sono riportati alcuni valori delle costanti che compaiono nella [I], in riferimento ai diversi tipi di catodi.

Alcuni Autori, introducendo la *densità di corrente di saturazione*:

$$I_{ds} = \frac{I}{S},$$

pongono la [I] sotto la forma:

$$I_{ds} = K T^2 e^{-\frac{k}{T}}.$$

REGIME DI —. È il regime che si verifica in un tubo termoelettronico, in corrispondenza della saturazione, quando tutti gli elettroni emessi dal catodo, vengono attratti dall'anodo e si ha assenza di carica spaziale.

RICOPRIMENTO, EFFETTO DI — [*acustica*]: *v.* ASSORDAMENTO.

RIDISTRIBUZIONE (o **REDISTRIBUZIONE**), **EFFETTO DI —** [*trasmissione delle immagini*]. È un effetto parassita che si incontra nell'iconoscopio, diminuendone il rendimento. Esso sussiste nello scambio di elettroni fra elemento ed elemento del mosaico; *v.* ICONOSCOPIO.

RIDUTTORE. Così viene talvolta chiamato un trasformatore « in discesa », ossia tale che, essendo n_p e n_s il numero delle spire del primario e il numero delle spire del secondario rispettivamente, sia:

$$\frac{n_p}{n_s} > 1.$$

RIDUZIONE A ZERO: *v.* AZZERAMENTO.

RIEGGER-WENTE, MICROFONO —. Sinonimo di *microfono elettrostatico*; *v.* MICROFONO, e).

RIEMPIMENTO, FATTORE DI —: *v.* FATTORE DI RIEMPIMENTO O DI COSTIPAMENTO.

RIFASAMENTO. Le linee di trasmissione dell'energia elettrica e la grande maggioranza delle macchine elettriche, costituiscono carichi induttivi sul generatore di corrente alternata, per cui il fattore di potenza sarà inferiore all'unità, essendo la tensione in anticipo sulla intensità di corrente. Poichè, in tale caso, il rendimento delle macchine è scarso e le Società distributrici dell'energia elettrica impongono penalità agli utenti che utilizzano energia a basso fattore di potenza, per evitare questi inconvenienti è necessario *rifasare* l'impianto, ossia, derivare su di esso un carico capacitivo destinato a compensare, sia pure parzialmente, il carico induttivo, facendo così avvicinare all'unità il valore del fattore di potenza. Per questo motivo, il rifasamento viene per lo più effettuato mediante

appositi condensatori che vengono costruiti per potenze da 0,1 kVA, fino ad alcune migliaia di [kVA], sia per impianti monofase sia per impianti trifase. Il dielettrico di questi condensatori è di carta di lino ed è particolarmente selezionato, puro e uniforme; inoltre deve essere caratterizzato da bassissime perdite dielettriche in quanto queste, sia pure in piccolissima parte, contrastano il vantaggio conseguito col rifasamento. Le armature di questi condensatori sono di alluminio e avvolte antiinduttivamente.

RIFLESSIONE: *v.* INCIDENZA DI UN'ONDA SU UNA SUPERFICIE SEPARANTE DUE MEZZI DI DIVERSE CARATTERISTICHE FISICHE. || **R. DEI SUONI** [*acustica*]. Le onde sonore, quando colpiscono un ostacolo, vengono riflesse, cedendo all'ostacolo parte dell'energia da esse posseduta, seguendo le medesime leggi che caratterizzano la riflessione della luce (*v.* INCIDENZA DI UN'ONDA SU UNA SUPERFICIE SEPARANTE DUE MEZZI DI DIVERSE CARATTERISTICHE FISICHE). Quando un suono viene riflesso, il rapporto fra la quantità di energia riflessa e la quantità di energia incidente, avente come limite teorico l'unità, è strettamente legato alle caratteristiche fisiche del materiale. Detto rapporto è assai basso, quando l'ostacolo investito dal suono è elastico o assai poroso, mentre una elevata rigidità dell'ostacolo e la superficie speculare dello stesso, caratterizzano un valore assai alto di energia riflessa. Conseguenza della riflessione sono l'eco (quando il suono riflesso è particolarmente distinto ed è dovuto a una sola riflessione) e la riverberazione (quando un numero elevato di echi successivi, determina una forte coda sonora, in corrispondenza dell'improvvisa interruzione del suono originale); *v.* anche le voci ACUSTICA e ACUSTICA ARCHITETTONICA. || **R. DELLA CORRENTE.** È il ritorno della corrente giunta all'estremità del conduttore (*onde stazionarie*). || **R. DELLE ONDE HERTZIANE.** Per quanto concerne la riflessione da parte di superfici riflettenti, *v.* OTTICA DELLE ONDE HERTZIANE, mentre, per quanto concerne l'azione riflettente (che, in sostanza, è legata non a una vera e propria riflessione, ma a un fenomeno di rifrazione), *v.* le voci PROPAGAZIONE DELLE ONDE ELETROMAGNETICHE, b) e RIFRAZIONE, f).

RIFLESSO, CIRCUITO —: *v.* REFLEX, CIRCUITO —.

RIFLETTENTE, POTERE —: *v.* INCIDENZA DI UN'ONDA SU UNA SUPERFICIE SEPARANTE DUE MEZZI DI DIVERSE CARATTERISTICHE FISICHE.

RIFLETTORE. Chiamasi *riflettore* l'organo che, in una antenna direttiva, ha il compito

di riflettere le onde su di esso indicenti conferendo alle stesse un senso definito di propagazione. Le onde hertziane, particolarmente quelle che occupano la parte dello spettro corrispondente alle frequenze più elevate, vengono riflesse da superfici metalliche e, in generale, conduttrici, seguendo le medesime

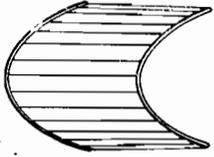


FIG. 1 - Riflettore discontinuo.

leggi che governano la riflessione delle onde luminose. Ricordiamo i riflettori metallici, sferici e parabolici, usati fin dalle prime esperienze, quando la radio viveva le sue prime ore, fra le mura dei laboratori, e i riflettori discontinui, costituiti da una successione di fili o di verghe metalliche parallele, secondo la disposizione di fig. 1. È evidente che, affinché i raggi riflessi siano paralleli, la sorgente, ossia l'aereo vero e proprio, deve essere disposto secondo il fuoco della parabola. Oggi è diffuso l'impiego di *riflettori parassiti*, ossia di conduttori che, tesi parallelamente a un aereo ed eccitati per induzione, irradiano alla loro volta, generando un campo magnetico che, in un determinato senso può sommarsi al campo gene-

rato dall'aereo vero e proprio e, nel verso opposto, sottrarsi. La denominazione di riflettore parassita sarà esatta in tutti quei casi in cui questo si trova, rispetto all'aereo, dalla parte opposta a quella definita dal senso di propagazione, mentre, se si trova dalla stessa parte, prenderà il nome di *direttore*. Per maggiori dettagli, v. ANTENNA DIRETTIVA.

RIFRAZIONE.

a) *RIFRAZIONE DELLA LUCE*. Si consideri la fig. 1. La superficie P , di cui in figura è evidente la traccia, sia il piano di separazione fra due mezzi caratterizzati da differente densità. Sia, inoltre, S una sorgente luminosa, dalla quale si diparte il raggio luminoso r , che incide in O sul piano P , con l'angolo di incidenza α . Se la densità del mezzo A è inferiore alla densità del mezzo B , il raggio proseguirà oltre il piano P formando, con la normale al piano stesso, un angolo $\beta < \alpha$. Il fenomeno si chiama *rifrazione* (della luce) e l'angolo β prende il nome di *angolo di rifrazione*. La rifrazione è governata dalle seguenti leggi:

1) Il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale alla superficie di separazione dei due mezzi, qualunque sia la configurazione di questa, sono complanari.

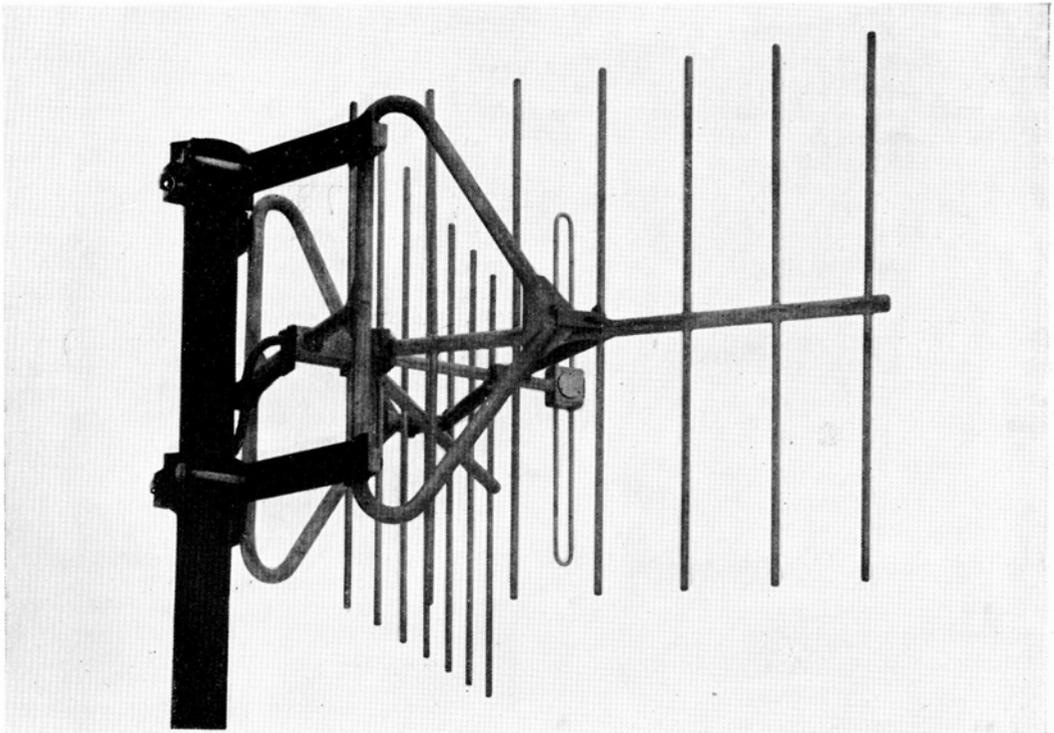


FIG. 2 - Riflettore a V per ponti radio, costruito dalla Brown Boveri.

2) Esiste la relazione:

$$[1] \quad \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\operatorname{sen} \beta} = \text{costante} = n_B,$$

essendo n_B l'indice di rifrazione del mezzo B rispetto al mezzo A . L'indice di rifrazione del mezzo A rispetto al mezzo B , è invece dato da:

$$n_A = \frac{\operatorname{sen} \beta}{\operatorname{sen} \alpha}.$$

In generale, quando si parla semplicemente di indice di rifrazione di un mezzo B , è sottinteso che, detto indice si riferisce al mezzo A vuoto. Si tenga presente che il valore dell'indice di rifrazione varia al variare della frequenza delle oscillazioni che caratterizzano

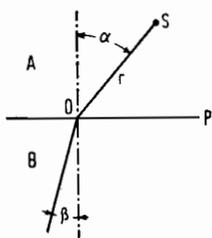


FIG. 1 - Rifrazione della luce.

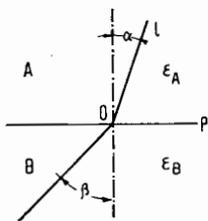


FIG. 2 - Rifrazione delle linee di flusso del campo elettrico.

il raggio incidente. È questo il motivo per cui la luce bianca, costituita dalla sovrapposizione di raggi diversamente colorati e caratterizzati ciascuno da una frequenza ben definita e compresa fra i limiti dello spettro visibile (rosso e violetto), viene dispersa ossia suddivisa, grazie alla rifrazione, nei suoi componenti che proseguono nel secondo mezzo con direzione diversa, essendo l'ampiezza dell'angolo β funzione della frequenza.

Il solfuro di carbonio è uno dei corpi più dispersivi e l'indice di rifrazione di questa sostanza rispetto all'aria, passando dall'estremo rosso all'estremo violetto, varia da 1,61 a 1,69, mentre per l'acqua si hanno, rispettivamente, i valori: 1,329 e 1,343.

Se v_A è la velocità di propagazione del raggio nel mezzo A e v_B la velocità di propagazione nel mezzo B , si ha la relazione:

$$[2] \quad \frac{v_A}{v_B} = n_B.$$

Il fenomeno della rifrazione è reversibile e, portando la sorgente nel mezzo B , all'angolo di incidenza β , corrisponde, nel mezzo A , l'angolo di rifrazione α .

Se è $n_B > n_A$, l'angolo β maggiore che si può ottenere, è l'angolo β_{\max} , che si ha per $\alpha = 90^\circ$. Esso prende il nome di *angolo limite*.

Si ha:

$$[3] \quad \operatorname{sen} \beta_{\max} = \frac{1}{n_B}.$$

Se, invece, è $n_A > n_B$, l'angolo di rifrazione sarà 90° , quando l'angolo di incidenza è uguale al β_{\max} definito dalla [3]. In tale caso, quando l'angolo di incidenza supera questo valore, il raggio rifratto scompare e si ha solamente in raggio riflesso nel quale, a parte inevitabili perdite, è presente tutta l'energia posseduta dal raggio incidente. In questo caso parleremo di *riflessione totale*.

b) *RIFRAZIONE DEL SUONO*. I fenomeni della rifrazione che si riscontrano in ottica e di cui abbiamo fatto cenno al paragrafo a), si verificano pure relativamente alle onde sonore; facciamo però osservare che la *ensità* «acustica» non corrisponde, generalmente, alla densità «ottica» e che è possibile costituire una scala della maggior parte dei mezzi (solidi e liquidi) tale che, in un senso, aumenti la densità ottica e, nell'altro senso, aumenti la densità acustica.

c) *RIFRAZIONE DELLE LINEE DI FLUSSO DEL CAMPO ELETTRICO*. Si consideri (v. fig. 2) il piano P , separante due corpi A e B , caratterizzati, rispettivamente, dalle costanti dielettriche ϵ_A e ϵ_B . Sia l una linea di flusso di un campo elettrico, incidente sul piano P , con l'angolo di incidenza α , rispetto alla normale a P , nel punto di incidenza O . Al di là di P , la linea di flusso riemergerà con l'angolo di rifrazione β . I due angoli α e β sono legati dalla relazione:

$$[4] \quad \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\epsilon_A}{\epsilon_B}.$$

Si osservi che, mentre nella relazione [1] compaiono i seni, nella relazione [4] compaiono le tangenti: di conseguenza, in questo caso, non potrà esistere riflessione totale, contrariamente a quanto si verifica per i raggi luminosi. La [4] vale anche in riferimento alle linee di induzione e vale tanto considerando le costanti elettriche assolute, quanto considerando quelle relative, comparando in essa un rapporto.

d) *RIFRAZIONE DELLE LINEE DI FLUSSO DEL CAMPO MAGNETICO*. Per il principio della dualità elettromagnetica, accanto alla [4], in riferimento alle linee di flusso del campo magnetico e a due mezzi di permeabilità μ_A e μ_B , avremo:

$$[5] \quad \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\mu_A}{\mu_B}.$$

Anche la [5] vale sia in riferimento alle linee di flusso, sia in riferimento alle linee di

induzione e tanto per permeabilità assolute, quanto relative.

e) *RIFRAZIONE DELLE LINEE DI CORRENTE*. Il fenomeno della rifrazione si verifica anche quando un campo di corrente ha sede in un sistema costituito da due corpi conduttori diversi (isoterma), separati da una superficie di separazione, lungo la quale sono perfettamente a contatto. Se γ_A e γ_B sono le conduttività dei due corpi e ρ_A e ρ_B le loro resistività, si ha:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\gamma_A}{\gamma_B} = \frac{\rho_B}{\rho_A},$$

indicando sempre con α e β l'angolo di incidenza e l'angolo di rifrazione, rispettivamente.

f) *RIFRAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE*. Come è noto, la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto (e, praticamente, anche nell'aria) è:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec.}$$

In un mezzo di costante dielettrica ϵ e di permeabilità μ , essa è invece data da:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}},$$

velocità di fase che, per i corpi non ferromagnetici caratterizzati dall'essere μ praticamente uguale a μ_0 , diventa:

$$[6] \quad v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu_0}}.$$

Quando un raggio elettromagnetico passa dal vuoto (o, con buona approssimazione, dall'aria), dove è caratterizzato dalla velocità c , a un mezzo ionizzato, dove la velocità di propagazione è v , possiamo affermare (v. relazione [2]), che l'indice di rifrazione di questo mezzo vale:

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} = \sqrt{\epsilon_r}.$$

Poichè i valori di ϵ e di μ non coincidono con quelli definiti in elettrostatica e in magnetostatica, siccome, in corrispondenza di campi elettrici e di campi magnetici variabili con elevata velocità di variazione (radiofrequenza), il valore di n dipende dalla frequenza, un raggio elettromagnetico costituito dalla propagazione di più sistemi di oscillazioni sovrapposti e caratterizzati da diversa frequenza, verrà disperso. Siccome poi il valore di ϵ tende al « valore elettrostatico » per f (frequenza) tendente a zero, ossia per λ (lunghezza d'onda) tendente all'infinito, nel caso

delle onde hertziane la [6], riferita alla ϵ statica, è praticamente verificata, mentre non lo è per la luce, data l'elevata frequenza caratterizzante le onde elettromagnetiche che fanno parte dello spettro luminoso. Crediamo di fare cosa utile, riportando la TABELLA X (Persico).

TABELLA X
VALORI DI n PER DIVERSE SOSTANZE.

Mezzo	$\sqrt{\epsilon_r}$ elettrostatico	n	
		onde hertziane	luce gialla
Acqua	9	9	1,33
Benzolo	1,514	1,510	1,502
Allume	2,58	2,50	1,46

La relazione [6], nota sotto il nome di *relazione di Maxwell*, è però verificata con buona approssimazione, in riferimento ai gas, anche per le radiazioni luminose, essendo piccola la dispersione di questi. Nella TABELLA XI sono riportati alcuni dati indicativi.

TABELLA XI
VALORI DI n PER DIVERSE SOSTANZE.

Mezzo	$\sqrt{\epsilon_r}$ elettrostatico	n luce gialla
Aria	1,000295	1,000294
Idrogeno	1,000132	1,000130
Anidride carbonica	1,000473	1,000450
Ossido di carbonio	1,000345	1,000340

Cerchiamo ora di definire il valore di n , in funzione della frequenza f delle oscillazioni in gioco. Per la prima equazione di Maxwell, possiamo scrivere:

$$[7] \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}.$$

Questa relazione vale solo nel caso in cui il mezzo non sia conduttivo. Se, invece, la conduttività γ non è nulla, si ha:

$$[8] \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = \gamma \mathbf{E} + \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}.$$

Se la pulsazione delle oscillazioni in gioco è ω , si ha:

$$\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = -j \omega \mathbf{E}.$$

La [7] e al [8] diverranno rispettivamente:

$$[9] \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = -j \omega \epsilon \mathbf{E}$$

e

$$[10] \quad \text{rot } \mathbf{H} = -j\omega (\epsilon + j \frac{\gamma}{\omega}) \mathbf{E}.$$

Ponendo

$$\epsilon' = \epsilon + j \frac{\gamma}{\omega},$$

la [10] diventa:

$$\text{rot } \mathbf{H} = -j \omega \epsilon' \mathbf{E},$$

identica alla [9], salvo la presenza della costante complessa ϵ' , in luogo della costante scalare ϵ . Facendo ora riferimento a un sistema di assi cartesiani, tali che la propagazione avvenga lungo l'asse delle x , si hanno le componenti seguenti del vettore \mathbf{E} :

$$E_x = E_z = 0; E_y = A e^{j\omega(\frac{x}{v} - t)}.$$

Per la [6] avremo, nel nostro caso:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon' \mu_0}}$$

da cui:

$$E_y = A e^{j\omega(x\sqrt{\epsilon' \mu_0} - t)}.$$

Si ponga ora:

$$[11] \quad \omega \sqrt{\epsilon' \mu_0} = \beta + j\alpha.$$

Con semplici passaggi si ottiene:

$$E_y = A e^{-\alpha x} \cdot e^{j\omega(\frac{\beta x}{\omega} - t)}.$$

La parte immaginaria della [11] determina, evidentemente, la presenza del fattore $e^{-\alpha x}$, che causa un decremento della ampiezza, man mano che il segnale si propaga (*assorbimento*) e, siccome l'intensità delle radiazioni è direttamente proporzionale al quadrato dell'ampiezza, si definisce il *coefficiente di assorbimento* 2α . Inoltre fra le componenti elettrica e magnetica, si determina uno sfasamento, mentre la velocità non sarà più v , ma diverrà:

$$v' = \frac{\omega}{\beta},$$

Conseguentemente, con il passare del segnale che si propaga, dal mezzo non ionizzato (teoricamente il vuoto), in cui la velocità di propagazione della perturbazione è c , al mezzo ionizzato, in cui si ha la velocità di fase v' (dipendente sia dal mezzo stesso sia dalla frequenza), si ha rifrazione. L'*indice di rifrazione* corrispondente è dato da:

$$[13] \quad n = \frac{c}{v'}.$$

Si può dimostrare che l'indice di rifrazione n è legato al numero di elettroni per $[cm^3]$ (*densità elettronica*) N e alla frequenza f in $[kHz]$, dalla relazione:

$$[14] \quad n \approx \sqrt{\epsilon_r} \approx \sqrt{1 - \frac{81 N}{f^2}}.$$

Questa relazione rende evidente come l'indice di rifrazione diminuisca all'aumentare della densità elettronica N e al diminuire

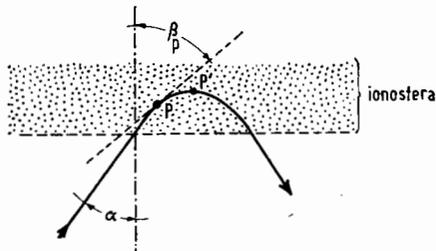


FIG. 3 - Rifrazione ionosferica.

della frequenza. Si consideri ora la fig. 3, in cui è rappresentato il percorso di un raggio che penetra nella ionosfera. Se α è l'angolo di incidenza e β_P l'angolo di rifrazione relativo a un punto P , prescindendo dall'azione perturbante del campo magnetico terrestre e dalla curvatura della ionosfera, si ha:

$$[15] \quad n_P = \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta_P},$$

dove n_P è l'indice di rifrazione relativo al punto P . La relazione [15] esprime la *legge di Snell*; questa legge si riferisce a frequenze elevate, tali che le variazioni di n con l'altezza, per spostamenti dell'ordine di λ , siano trascurabili. Si tenga presente che l'angolo di rifrazione è indipendente dalla legge con cui n varia con l'altezza fra P e il limite inferiore della ionosfera. È evidente che l'angolo β varia al variare di P , appunto per la variabilità con la quota dell'indice di rifrazione (che è minimo là dove è massima la densità elettronica N). Nel caso della fig. 3, il raggio considerato ritorna sulla Terra poiché, in corrispondenza del punto P' , si ha:

$$\beta_{P'} = 90^\circ,$$

per cui, in base alla [15], potremo scrivere:

$$[16] \quad n_{P'} = \text{sen } \alpha,$$

ossia, l'indice di rifrazione nel punto più alto raggiunto dal raggio è espresso dal seno dell'angolo di incidenza, nel caso in cui il raggio ritorni sulla Terra.

In sostanza, la rifrazione delle onde nella ionosfera, è determinata da quanto

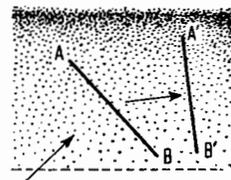


FIG. 4 - Rifrazione ionosferica.

segue: si consideri la fig. 4, dove il segmento AB è la traccia di una porzione di fronte d'onda di un raggio di propagazione v . Poiché l'estremo A si trova in un punto a densità elettronica maggiore che non l'estremo B , la sua velocità di propagazione è maggiore, per cui, successivamente, avremo un fronte la cui traccia sarà $A'B'$, con conseguente incurvamento del raggio di propagazione. Considerando ora alcuni raggi caratterizzati da angolo di incidenza diverso, potranno verificarsi i casi illustrati in fig. 5.

Nel caso a), essendo l'angolo di incidenza nullo, non si ha rifrazione e il raggio attraversa lo strato. Nel caso b), pur avendosi rifrazione, questa non è sufficiente a fare ritornare il raggio sulla Terra, contrariamente a quanto avviene nei casi c) e d). Talvolta, a causa della curvatura dello strato ionizzato, si può verificare il fatto che il raggio della rifrazione determinata dal fenomeno della rifrazione coincida con il raggio di curvatura

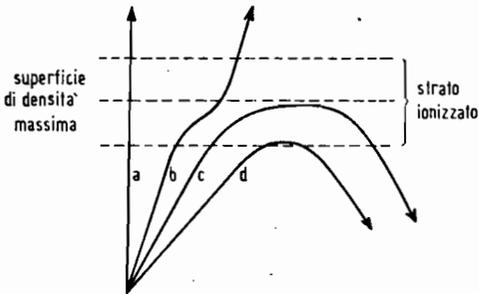


Fig. 5 - Rifrazione ionosferica.

di quello: di conseguenza, l'onda correrà nell'interno dello strato ionizzato, e ne uscirà solamente quando questo stato di cose verrà a cessare, per una causa qualsiasi.

Consideriamo ora il caso in cui la frequenza f abbia un valore in corrispondenza del quale la [14] si annulli avremo:

$$\sqrt{1 - \frac{81N}{f^2}} = 0,$$

$$\frac{81N}{f^2} = 1,$$

$$f = \sqrt{81N}.$$

Per frequenze leggermente superiori, il raggio penetrerà maggiormente nella ionosfera, finché sarà raggiunta la densità elettronica richiesta mentre, per frequenze ancora maggiori, attraverserà lo strato (caso a di figura 5). La $f=f_c$ prende il nome di *frequenza critica* e viene spesso sfruttata per la misura della densità elettronica della ionosfera, nel caso in cui essa sia la massima frequenza che torna a Terra, per incidenza ortogonale.

Ma le onde radioelettriche non vengono solamente rifratte dalla ionosfera o, più in generale, da un gas ionizzato, ma anche da sostanze trasparenti, analogamente a quanto si verifica per le onde luminose, chiamando « trasparenti » tutti gli isolanti, per cui è possibile concentrare onde radioelettriche per mezzo di lenti e ricordiamo, a proposito, le esperienze condotte da Hertz e da Righi (*v. OTTICA DELLE ONDE HERTZIANE*).

g) *RIFRAZIONE DI UN RAGGIO ELETTRONICO*. Poiché un raggio elettronico viene deviato da un campo elettrostatico o da un campo magnetico convenientemente agenti (*v. DEVIATIONE DI UN RAGGIO ELETTRONICO*), il concetto di rifrazione può essere esteso anche all'*OTTICA ELETTRONICA* (*v.*).

RIGA DI ANALISI [*trasmissione delle immagini*]. Nella tecnica della trasmissione delle immagini si ha, all'atto della trasmissione, un processo di analisi e, all'atto della ricezione, un processo di sintesi, processi necessari, allo stato attuale della tecnica, per trasmettere, su un solo canale di comunicazione, caratterizzato da sviluppo unidimensionale, un processo di informazione bidimensionale. L'immagine viene quindi suddivisa in aree elementari che, succedendosi con un certo ordine, costituiscono, nel loro insieme, una successione di *righe* parallele pressoché orizzontali che, alla loro volta, compongono l'immagine. Sono queste le *righe di analisi* dal numero delle quali dipende il numero di elementi del dettaglio che caratterizza una striscia verticale di immagine. Quando la televisione muoveva i suoi primi passi, si utilizzavano sistemi analizzatori meccanici, per cui il numero delle righe in cui veniva suddivisa l'immagine, era particolarmente basso (bassa definizione) ossia, dell'ordine di qualche decina. Oggi, con l'avvento dell'analisi e della sintesi elettroniche, la tecnica televisiva si è orientata verso l'alta definizione e il numero delle righe, per la televisione domestica, è stato spinto a diverse centinaia, mentre, per la televisione professionale, si sorpassa il migliaio.

RIGENERAZIONE. Voce impiegata da alcuni Autori, col significato di *REAZIONE*; *v.* questa voce. || **R. DEI CATODI**: *v.* *RIATTIVAZIONE DEI CATODI*.

RIGHI, OSCILLATORE DI —: *v.* *OSCILLATORE ELETTRICO*.

RIGIDITÀ o **RIGIDEZZA** [*meccanica*]. È l'inverso della cedevolezza e è definita dal rapporto fra la forza statica, agente su di un

determinato sistema, e lo spostamento da questa determinato. Nel sistema C.G.S. la rigidità si misura in *dine per centimetro* [dine/cm] e, nel sistema Giorgi, in *newton per metro* [N/m]. Le sue dimensioni fisiche sono:

$$\frac{[L M T^{-2}]}{[L]} = [M T^{-2}].$$

R. DIELETTICA o ELETTROSTATICA. Quando la d.d.p. esistente fra le armature di un condensatore, raggiunge un determinato valore, le proprietà isolanti del dielettrico vengono sopraffatte e una scarica disruptiva scatta fra armatura e armatura, perforando il dielettrico e rendendo il condensatore inutilizzabile, se quello non è fluido. La minima d.d.p. necessaria a perforare uno spessore unitario di dielettrico omogeneo, si chiama correntemente *rigidità dielettrica o elettrostatica* del dielettrico in esame. Si osservi, però, che tale espressione è tutt'altro che corretta, anche se correntemente usata. Infatti, sarebbe corretto parlare di *limite della rigidità*, in quanto, questo può essere espresso con il valore di una d.d.p., non la « rigidità », che è l'attitudine di un determinato materiale isolante, a non lasciarsi perforare da scariche disruptive. Un campo elettrico, in corrispondenza del cui valore si manifesta in seno a un determinato dielettrico una scarica disruptiva, si chiama *campo disruptivo*. L'unità di misura della rigidità dielettrica è il *volt per metro* [V/m], ma è assai diffuso l'impiego dei multipli [kV/cm] e [kV/m]. Le dimensioni fisiche della rigidità dielettrica, nei sistemi elettrostatici, sono:

$$\frac{[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \epsilon^{-\frac{1}{2}}]}{[L]} = [L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \epsilon^{-\frac{1}{2}}].$$

Nei sistemi elettromagnetici, si ha:

$$\frac{[L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \mu^{\frac{1}{2}}]}{[L]} = [L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \mu^{\frac{1}{2}}].$$

Nel sistema Giorgi abbiamo, infine:

$$\frac{[V]}{[L]} = [L^{-1} V].$$

La rigidità dielettrica degli olii isolanti (per trasformatori, interruttori, ecc.), è convenzionalmente definita come la tensione di scarica, riferita a uno spinterometro a sfere di 10 mm di diametro, distanti 5 mm l'una dall'altra e non deve essere inferiore ai 40 kV. In pratica, si eseguono tre prove e si fa la media aritmetica, tenendo presente che, nessuna delle tre prove dovrà portare a risultato

inferiore a 33 kV. Si tenga presente che la rigidità dielettrica viene generalmente espressa in valori efficaci. In TABELLA XII, sono riportati i valori della rigidità elettrostatica di alcuni isolanti (o, meglio, i limiti della rigidità elettrostatica).

TABELLA XII

RIGIDITÀ ELETTROSTATICA DI ALCUNI ISOLANTI.

MATERIALE	RIGIDITÀ in [kV/cm]
Acqua distillata	50 ÷ 100
Asfalto	12 ÷ 150
Aria secca	20 ÷ 22
Bachelite	100 ÷ 280
Carta secca	60 ÷ 110
» bachelizzata	50 ÷ 160
» paraffinata	400 ÷ 500
Ebanite	50 ÷ 250
Galalite	250
Gommalacca	100 ÷ 400
Mica	600 ÷ 1800
Micalex	130 ÷ 150
Micanite	200 ÷ 400
Olio minerale	100 ÷ 160
Paraffina	140 ÷ 450
Porcellana non verniciata	100 ÷ 120
» verniciata	200 ÷ 400
Presspan	70 ÷ 130
Tela bachelizzata	100 ÷ 200
» sterlingata	250 ÷ 500
Vetro	100 ÷ 450

RILASATE, OSCILLAZIONI —: v. OSCILLAZIONI RILASATE.

RILUTTANZA. Si chiama anche *resistenza magnetica* (denominazione però poco appropriata) ed è una specie di grandezza che esprime l'ostacolo che un corpo presenta, allorchè esso è immerso in un campo magnetico, al passaggio delle linee di flusso magnetico. È espressa da:

$$[I] \quad \Xi = \zeta \frac{l}{S},$$

essendo ζ la *riluttività o riluttanza specifica*, ossia l'inverso della permeabilità o permeanza specifica, l la lunghezza del corpo omogeneo di cui la $[I]$ esprime la riluttanza, e S la sua sezione. La riluttanza è quindi relativa a un corpo geometrico di determinate dimensioni geometriche, mentre, la riluttività è una caratteristica della materia che lo costituisce (v. anche CIRCUITO MAGNETICO). Le dimensioni fisiche della riluttanza nei sistemi elettrostatici, sono:

$$[\Xi]_{cs} = [L T^{-2} \epsilon],$$

mentre, nei sistemi elettromagnetici, si ha:

$$[\Xi]_{em} = [L^{-1} \mu^{-1}].$$

Nel sistema Giorgi abbiamo, invece:

$$[\Xi]_G = [T^{-1} I V^{-1}].$$

L'unità di misura della riluttanza, nel sistema (C.G.S.)_{em} è il *gilbert per maxwell* [Gb/Mx]. Nel sistema Giorgi, questa si misura in r/henry [H⁻¹].

R. SPECIFICA. Sinonimo di RILUTTIVITÀ; *v.* questa voce.

RILUTTIVITÀ. Si chiama anche *riluttanza specifica* e è l'inverso della permeabilità. È una costante del materiale. Dato un corpo omogeneo di lunghezza l e di sezione S , caratterizzato dalla riluttanza Ξ , la riluttività del materiale che lo costituisce, è data da:

$$\zeta = \frac{1}{\mu} = \Xi \frac{S}{l}.$$

Le dimensioni fisiche della riluttività nei sistemi elettrostatici, sono:

$$[\zeta]_{es} = [L^2 T^{-2} \epsilon],$$

mentre, nei sistemi elettromagnetici, si ha:

$$[\zeta]_{em} = [\mu^{-1}].$$

Nel sistema Giorgi, abbiamo invece:

$$[\zeta]_G = [L T^{-1} I V^{-1}].$$

RIMANENZA MAGNETICA. Sinonimo di magnetizzazione residua; *v.* MAGNETIZZAZIONE, VETTORE —.

RIMBOMBO [*acustica*]. Sinonimo di *coda sonora*: *v.* ACUSTICA ARCHITETTONICA.

RIMLOCK, TUBI SERIE —. Serie di tubi termoelettronici di produzione Philips, caratterizzati dall'essere i reofori di collegamento fra elettrodi e piedini assai corti, con conseguente riduzione a valori assai bassi delle induttanze e delle capacità relative, tanto da rendere trascurabili le corrispondenti reattanze di perdita. Gli elettrodi sono supportati da un fondello saldato al bulbo con interposto un anello di polvere di smalto, destinato a consentire una sensibile riduzione della temperatura di fissaggio. Poiché i piedini sono tutti uguali e ugualmente distribuiti su una circonferenza, il bordo metallico che circonda la base del bulbo, porta una chiavetta che trova posto in una apposita sede dello zoccolo portatubi, mentre una molla garantisce il mantenimento dei piedini nelle apposite sedi, ossia, il mantenimento del tubo nello zoccolo. I tubi della serie Rimlock sono suddivisi in tre gruppi, contraddistinti con le lettere U, E e D. I tubi del gruppo U, sono tubi a riscaldamento indiretto, con accensione a 100 mA, particolarmente indicati per la connessione in serie (radiatoricevitori ad alimentazione universale c.c.

e c.a. e senza trasformatore). Il gruppo E, invece, comprende tubi ad accensione a 6,3 V, da usarsi con i normali trasformatori di alimentazione. Infine, il gruppo D è relativo a tubi a riscaldamento diretto (c.c.) e tensione di accensione di 1,4 V.

RINFORZO, IMPIANTI DI — SONORO.

[*elettroacustica*]. Si chiama *impianto di rinforzo sonoro* un impianto destinato a consentire l'agevole audizione a un auditorio composto di molti ascoltatori, dei suoni provenienti da una sorgente acustica o da un insieme di sorgenti acustiche. Nella sua forma più semplice, un impianto di rinforzo sonoro è costituito da un microfono, da un amplificatore adeguato e da un altoparlante. È assai diffuso l'impiego di impianti di rinforzo sonoro in teatri, sale per conferenze, sale da ballo, ecc. A stretto rigor di logica, si potrebbe parlare di « rinforzo sonoro » solamente in riferimento a un impianto relativo al caso di sorgente e ascoltatori situati nel medesimo ambiente ma, data la molteplicità delle installazioni di questo tipo, si è estesa la denominazione che intitola questa voce, a tutti gli impianti del genere, anche se si tratta di veri e propri *impianti di fonodiffusione* che distribuiscono a mezzo di più altoparlanti una esecuzione qualsiasi, proveniente da un microfono, da un fonorilevatore, da un radoricevitore, a un certo numero di locali, in ciascuno dei quali sia installato un altoparlante. Ogni altoparlante è alimentato da un complesso centralizzato comprendente un microfono, un fonorilevatore con relativo piatto giradischi e, spesso, pure un radoricevitore, per fare fronte alla necessità di fonodiffondere nei locali interessati dall'impianto, programmi radiofonici. Più raramente si alimentano gli impianti sonori con apparecchiature di riproduzione di suoni registrati per via magnetica o per via ottica. Dipendentemente dal valore della potenza complessiva in gioco, si utilizzeranno un unico amplificatore oppure più amplificatori, assegnando a ciascun amplificatore, l'alimentazione di una parte degli altoparlanti dell'impianto. In linea di massima, un impianto di rinforzo sonoro può essere schematizzato, nel suo complesso, come in fig. 1. Come si vede, vi sono un radoricevitore (sintonizzatore), più microfoni e sistemi di registrazione e riproduzione che costituiscono la sorgente sonora. Detti complessi possono essere commutati a piacere su un preamplificatore (che può essere sostituito, in caso di avaria da altro preamplificatore di riserva). A valle, troviamo gli amplificatori di potenza, ciascuno dei quali alimenta un gruppo di altoparlanti, all'infuori di uno che rimane sempre pronto,

come riserva. La scelta dei microfoni e degli altoparlanti deve essere fatta in base alla fedeltà richiesta e così dicasi per i criteri di progetto degli amplificatori. La direzionalità dei microfoni e degli altoparlanti deve essere convenientemente sfruttata quando essi trovano posto nel medesimo ambiente, per evitare l'innescarsi di oscillazioni parassite dovute a effetto Larsen. La scelta degli altoparlanti deve essere subordinata al genere di impianto cui sono destinati. La correzione acustica mediante schermi piani ha importanza dal punto di vista della qualità di riproduzione, l'uso di trombe o schermi direzionali serve, invece, per concentrare l'energia sonora in una zona determinata, partico-

sede di progetto, è bene siano ulteriormente maggiorati di un coefficiente di sicurezza del 15%.

Nella scelta del microfono da usare o dei microfoni, oltre alle considerazioni relative alla fedeltà, alla sensibilità e al costo, bisogna tenere conto della direzionalità, qualora l'energia sonora emessa dall'altoparlante possa raggiungere il microfono o i microfoni. Si tenga presente che, l'azione del vento, qualora un microfono sia installato all'aperto, è assai dannosa per i microfoni a nastro a gradiente di pressione, sia per il notevole disturbo che ne deriva, sia per il pericolo, qualora il vento sia molto impetuoso, che il nastro metallico si spezzi. Altra cosa da tener pre-

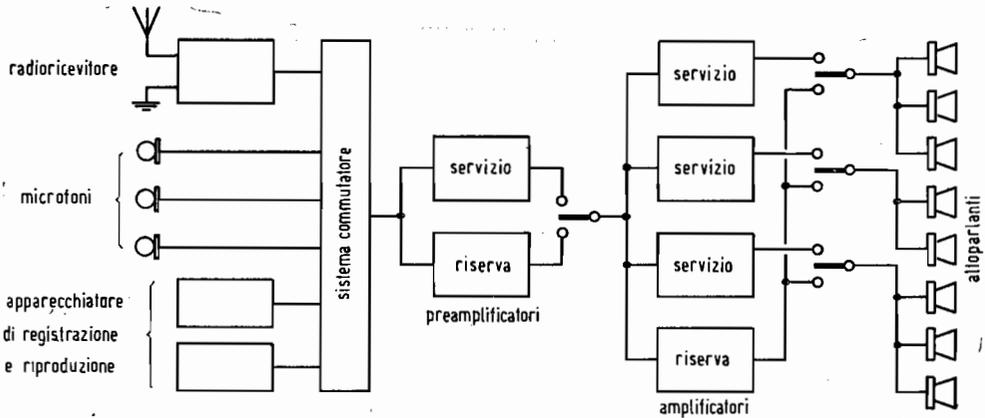


Fig. 1 - Stenogramma di un impianto di rinforzo sonoro.

larmente per quanto riguarda le installazioni all'aperto.

La determinazione della potenza necessaria affinché un certo impianto possa svolgere un dato servizio non è cosa semplice dal punto di vista analitico essendo assai numerosi e poco facilmente valutabili i parametri che entrano in gioco mentre, dal punto di vista pratico, presenta una certa semplicità, essendo possibile trovare tabelle che consentono una facile determinazione orientativa del valore cercato. La TABELLA XIII è una di queste e confidiamo sia di valido aiuto al Lettore. Questa tabella, naturalmente, ha carattere esclusivamente orientativo. Comunque, può essere anche utile ricordare che, col presupposto di ottime condizioni di funzionamento, ossia in corrispondenza di ottimo rendimento, si può considerare 1 W di potenza per ogni 100 ascoltatori fittamente distribuiti in un ambiente libero oppure ogni 35 m² di superficie all'aperto. I valori riportati nella tabella, si basano appunto su questi dati e sono stati ottenuti usando opportuni coefficienti di correzione determinati sperimentalmente. I valori della tabella, in

sente è l'inopportunità di lasciare i microfoni piezoelettrici esposti al Sole, in quanto il cristallo di La Rochelle si deteriora a temperature di poco superiori ai 50 °C. Per piccoli impianti, in cui la qualità non ha eccessiva importanza, si usano microfoni a carbone che, essendo molto sensibili, permettono di ridurre l'amplificazione e, quindi, il costo dell'impianto.

Il problema della scelta del numero, del tipo e della ubicazione degli altoparlanti è particolarmente delicato e va analizzato con cura, tenendo presenti tutti i fattori che in esso compaiono e cui accenneremo brevemente. Il Lettore può trovare parecchi dati alla voce ACUSTICA ARCHITETTONICA, per quanto concerne l'installazione degli altoparlanti in locali chiusi. Si tenga presente che il numero degli altoparlanti dipende, prima di tutto, dalla potenza in gioco, potenza che deve essere valutata in base ai dati orientativi riportati nella tabella di cui sopra, e, in secondo luogo dalla « densità » con cui l'energia acustica deve essere distribuita. Gli altoparlanti che fanno parte di un determinato impianto, possono essere tutti uguali o no,

ndipendentemente dalla configurazione dell'area o delle aree da servire e, a parità di altoparlanti, non è esclusa la necessità di utilizzare diversi sistemi direzionali o schermi acustici. Si ricorre a schermi acustici piani, solamente in locali chiusi, non molto grandi e acusticamente buoni. È conveniente che, i vari altoparlanti, siano a magnete perma-

stici. Si ricorre a schermi acustici piani, solamente in locali chiusi, non molto grandi e acusticamente buoni. È conveniente che, i vari altoparlanti, siano a magnete perma-

TABELLA XIII - DATI RELATIVI A IMPIANTI DI RINFORZO SONORO.

Ambienti da servire	Numero degli ascoltatori o dei posti	Superficie [m ²]	Potenza necessaria [W]
Aule scolastiche	20 ÷ 50	—	1 ÷ 2
Uffici	{ —	< 100	2 ÷ 3
	{ —	> 100	1 ogni 35 m ²
Caffè	{ < 100	—	3 ÷ 4
	{ > 100	—	1 ogni 25 posti
Sale di riunione	{ < 150	—	3 ÷ 5
	{ > 150	—	1 ogni 300 posti
Sale di assemblea	{ < 200	—	3 ÷ 5
	{ > 200	—	1 ogni 50 ascoltatori
Laboratori poco rumorosi	{ —	< 80	2 ÷ 3
	{ —	> 80	1 ogni 30 m ²
Officina mediamente rumorosa	{ —	< 50	3 ÷ 5
	{ —	> 50	1 ogni 10 m ²
Piazze ove il pubblico ascolta in silenzio	{ < 20.000	—	15 ÷ 30
	{ > 20.000	—	15 ogni 10.000 ascoltatori
Piazze rumorose	{ < 10.000	—	20
	{ > 10.000	—	10 ogni 5.000 ascoltatori
Stadi sportivi	{ < 20.000	—	30 ÷ 40
	{ > 20.000	—	20 ogni 10.000 spettatori
Insieme di grandi estensioni	{ 20.000	—	50
	{ 50.000	—	130
	{ 100.000	—	270
	{ 1.000.000	—	3000

nente, sia per ragioni economiche, sia per evitare la necessità di una alimentazione per ogni altoparlante o di una alimentazione centralizzata, con conseguente installazione della linea relativa. Diffuso è l'impiego di sistemi di più altoparlanti, detti *sistemi a estinzione*. Poichè un altoparlante a membrana è caratterizzato da una certa direttività, il cui angolo va gradatamente aprendosi al diminuire della frequenza (finchè, in corrispondenza delle frequenze più basse, l'altoparlante perde la sua direttività), utilizzando almeno due altoparlanti convenientemente disposti, e opportunamente eccitati (per quanto riguarda la fase) in modo da determinare, per ragioni interferenziali, delle zone di estinzione in regioni dello spazio che non interessano il servizio) è possibile ottenere una razionale utilizzazione dell'energia sonora. Negli impianti di rinforzo sonoro, si impiegano preamplificatori e amplificatori che, nei minori impianti, possono essere riuniti in una sola unità. I primi, sono amplificatori di tensione o, tutt'al più, capaci di fornire la poca potenza necessaria alla alimentazione di un altoparlante spia. Per quanto riguarda le tensioni in gioco all'uscita dei vari componenti di un impianto di rinforzo sonoro, riportiamo la TABELLA XIV (Crescini), che riteniamo assai utile ai fini della progettazione degli impianti stessi.

TABELLA XIV

TENSIONI DI USCITA DI ALCUNI TRASDUTTORI E AMPLIFICATORI.

Fonorilevatori ad alta resistenza.	0,5	V		
Microfono a carbone a bassa resistenza con trasformatore	0,2	V		
Telefono	0,5	V		
Microfono a carbone ad alta resistenza	0,01	V		
Cellula fotoemissiva	0,02	V		
Microfono elettrostatico	0,004	V		
» a nastro	0,005	V		
Amplificatori	2 W	uscita 4000 Ω	90,0	V
		» 140 Ω	17,0	V
	20 W	» 6 Ω	3,5	V
		uscita 500 Ω	100,0	V
		» 5 Ω	10,0	V
	100 W	uscita 125 Ω	112,0	V
		» 35 Ω	18,8	V

Stabilita la potenza in [W] destinata a sonorizzare un determinato ambiente o una determinata area e considerato il numero più opportuno di altoparlanti da usare, detta potenza va suddivisa fra i vari altoparlanti, tenendo conto non della potenza elettrica necessaria alla alimentazione di ciascuno di essi, ma della potenza acustica che essi possono fornire, potenza che è assai inferiore di

quella di alimentazione, essendo il rendimento di un altoparlante elettrodinamico non molto alto, anche nelle migliori condizioni.

Nella realizzazione di un impianto di rinforzo sonoro è bene che tutti i collegamenti siano effettuati mediante cavetto schermato con schermo a potenziale zero, per evitare ronzii e disturbi determinati dalla influenza di altre canalizzazioni di energia elettrica. La utilizzazione del cavetto schermato è indispensabile per quei collegamenti, a valle dei quali vi è ulteriore amplificazione. Le linee devono essere costruite utilizzando conduttori di almeno 0,5 mm di diametro, tenendo conto che, per correnti superiori a 1 A detto diametro va maggiorato in ragione di 0,5 mm per ogni [A]. Naturalmente, la sezione del conduttore dovrà anche dipendere dalla lunghezza della linea stessa e dovrà aumentare all'aumentare della lunghezza della linea.

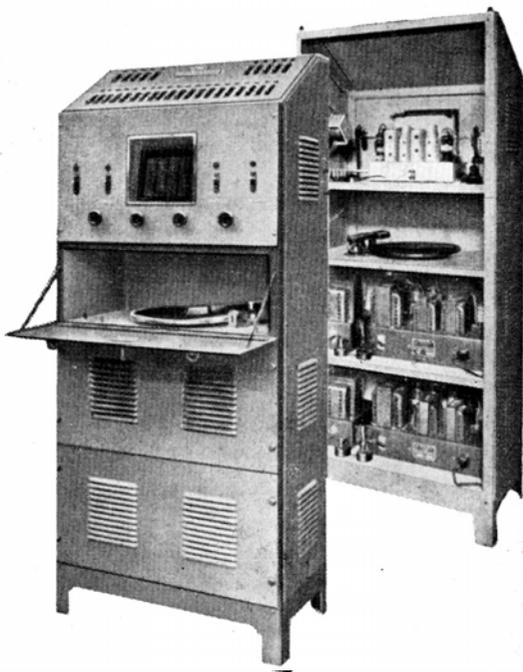


Fig. 2 - Centralino di distribuzione sonora C.G.E. per potenze modulate da 70 a 120 W.

Per le linee che superano i 2 km di lunghezza, si può verificare distorsione di frequenza, con perdita delle note alte a causa della capacità distribuita non trascurabile. Più la resistenza dell'altoparlante è alta, tanto più il fenomeno è sensibile. Non è però conveniente abbassare eccessivamente detta resistenza, per evitare poi perdite considerevoli, a causa della elevata corrente in gioco.

Gli accoppiamenti fra i vari componenti dell'impianto devono essere effettuati tenen-

do conto delle diverse impedenze mutuamente affacciate e utilizzando, ove sia necessario, convenienti traslatori di adattamento, ricordando che la potenza in gioco



FIG. 3 - Centralino di distribuzione C.G.E. tipo «scrivania», per potenze modulate da 70 a 300 W.

in un circuito eguaglia il rapporto fra il quadrato della tensione ai suoi estremi e la resistenza dello stesso.

In fig. 2 è rappresentato un centralino di distribuzione sonora per potenze modulate da 70 a 120 W, di produzione C.G.E. Pure di produzione C.G.E. è il centralino tipo scrivania di fig. 3, per potenze modulate da 70 a 300 W.

RIPARAZIONE DEI RADIORICEVITORI. Chi si accinge a riparare un radiorecettore, deve essere in grado di comprenderne perfettamente il funzionamento in tutte le sue parti, di saperne interpretare bene gli schemi elettrici, qualora ne sia (come dovrebbe esserne) in possesso. Ciò malgrado, anche un tecnico di capacità limitata può accingersi a esaminare e, eventualmente, anche riparare un radiorecettore, purchè sia in grado di valutare obiettivamente le proprie capacità, si limiti a smontare e a verificare i componenti meno complessi e meno delicati del ricevitore in esame e si astenga dal proseguire nella sua opera, qualora si accorga che l'entità dell'inconveniente o degli inconvenienti che nel ricevitore si verificano, non rientrano nella sua competenza.

a) *GENERALITÀ.* La prima cosa che il radio-riparatore deve fare, nell'accingersi alla riparazione, è un sommario esame che gli permetta di definire, per eliminazione, quale sia la sezione (RF, AF, alimentazione, ecc.) in cui l'inconveniente o gli inconvenienti sono presumibilmente localizzati, tenendo possibilmente conto delle condizioni in cui il ricevitore stesso funzionava, quando il guasto si è verificato, e di come esso si è manifestato. Gli strumenti di misura utilizzati per verificare le varie tensioni dell'apparecchio da riparare, devono essere adeguati alle necessità e la resistenza interna del voltmetro deve essere tale che la c.d.p. durante la misura sia trascurabile, sì da garantire una lettura della tensione misurata, se pur non perfettamente esatta, almeno dello stesso ordine di grandezza di quella reale. Questa osservazione vale, particolarmente, per la misura della tensione agli elettrodi dei tubi cui, l'alta tensione viene ridotta per caduta in un resistore inserito nel circuito corrispondente. Si tenga inoltre presente, a

scanso di errori che, allorché la tensione negativa di griglia viene ottenuta a mezzo resistore di caduta sul catodo, la tensione anodica dello stesso tubo deve essere misurata fra anodo e catodo del tubo stesso e non fra anodo e massa, altrimenti, la c.d.p. nel resistore di polarizzazione, verrebbe a sommarsi alla tensione anodica.

b) *GUASTI NELLA SEZIONE ALIMENTAZIONE.* I guasti nella sezione alimentazione sono i più semplici da localizzare e da eliminare. Se tutte le tensioni, sia di accensione, sia di polarizzazione degli elettrodi sono nulle, il guasto risiede senz'altro nel circuito del primario del trasformatore di alimentazione che sarà interrotto o nell'avvolgimento stesso o nel cordone che fa capo alla spina. Tenere presente che, sovente, l'interruzione è determinata dalla bruciatura di qualche fusibile. In questo caso è necessario accertarsi che le cause che hanno determinato la bruciatura non sussistano ancora, fare sì che le stesse non abbiano più a ripetersi o, nel caso in cui non esista causa ben definita, accertarsi che la portata del fusibile bruciato non fosse troppo modesta. Se mancano le tensioni di polarizzazione degli elettrodi, pur essendo i

tubi normalmente accesi, compreso il rettificatore o i rettificatori, l'interruzione dovrà ricercarsi o nel secondario AT del trasformatore di alimentazione, se l'alimentatore è a rettificazione di una sola semionda o in uno dei conduttori di uscita dello stesso, mentre, se il rettificatore raddrizza entrambe le semionde, dovrà ricercarsi nel collegamento fra centro avvolgimento secondario AT e massa.

Una diminuzione del valore di tutte le tensioni di alimentazione e di polarizzazione, può essere causata, prescindendo da una errata posizione del cambio-tensioni, da esaurimento parziale del tubo o dei tubi rettificatori, da cortocircuito fra spire del secondario AT del trasformatore di alimentazione (in tale caso, il trasformatore scalda eccessivamente) o da abbassamento considerevole dell'isolamento fra il massimo AT rettificata e massa, con conseguente surriscaldamento del trasformatore e del tubo rettificatore. Quest'ultimo, perdurando l'inconveniente, può esaurirsi rapidamente. Assai spesso, il punto in cui viene a diminuire l'isolamento risiede in uno o più condensatori del filtro di livellamento. Spesso, detti condensatori vanno addirittura in cortocircuito con danni talora irreparabili al tubo rettificatore. Oltre a sostituire i condensatori, in tale caso, conviene disporre nel circuito della corrente rettificata un fusibile, naturalmente a monte dei condensatori di filtro, fusibile che potrà essere costituito da una lampadina micromignon a qualche volt di funzionamento e con corrente uguale a circa tre volte quella in gioco nel circuito da proteggere. In tale caso, una ulteriore perforazione dei condensatori di filtro determina la bruciatura della lampada fusibile, salvando il rettificatore. Ricordiamo che, un cortocircuito nei condensatori di filtro, può manifestarsi anche con l'arroventamento delle placche del rettificatore. L'interruzione della impedenza di filtro (spesso costituita dall'avvolgimento di eccitazione dell'altoparlante elettrodinamico) determina l'annullamento dell'alta tensione rettificata. Bisogna tener presente che, quando un ricevitore funziona regolarmente, si ha un giusto equilibrio fra le diverse tensioni di alimentazione e una giusta distribuzione delle cadute di potenziale per cui, essendo la resistenza interna complessiva dell'alimentatore relativamente alta, un aumento o una diminuzione accidentali del carico si ripercuotono sugli altri circuiti normali, con una diminuzione o un aumento della tensione di alimentazione. Quando non si accende nessuno dei filamenti dei tubi di un ricevitore e questo non ha un trasformatore di accensione bisogna tener presente che, essendo l'alimentazione dei vari filamenti effettuata in serie, è

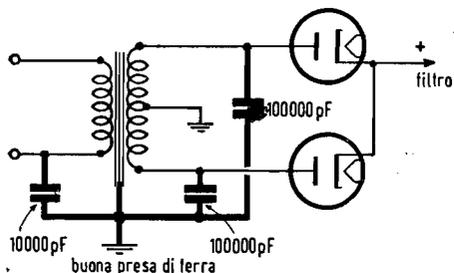
sufficiente la bruciatura di uno dei tubi per determinare lo spegnimento anche degli altri.

c) *GUASTI NELLA SEZIONE AF.* Un inconveniente assai frequente, consiste nella ricezione nulla, pur essendo normali tutte le tensioni di alimentazione. Esso è per lo più determinato da interruzione nel circuito della bobina mobile o sulla bobina stessa o nel secondario del trasformatore di uscita o, più raramente, nei collegamenti. Frequentemente si può verificare l'interruzione nella saldatura di uno dei due reofori che fanno capo alla bobina, ai terminali della stessa. Talvolta, in parallelo al primario del trasformatore di uscita, vi è un condensatore: l'inconveniente in oggetto, può anche essere causato da cortocircuito in detto condensatore. La localizzazione del guasto è facile, in quanto è sufficiente staccare questo condensatore perché l'apparecchio funzioni. Bisogna, quindi, provvedere alla sostituzione del condensatore avariato. Se il primario del trasformatore di uscita è interrotto, oltre a non aversi tensione anodica allo stadio finale, se questo è un tubo a griglia schermo, si potrà notare l'arroventamento di questo elettrodo che verrebbe ad assorbire un numero assai elevato di elettroni, fungendo da anodo, essendo l'anodo vero e proprio non polarizzato. La griglia schermo, infatti, è polarizzata positivamente con tensione prelevata a monte del primario del trasformatore di uscita. Se lo stadio finale funziona regolarmente, l'inconveniente andrà ricercato negli stadi precedenti che, in generale si riducono a uno solo, comprendente un tubo multiplo di cui una sezione, diodo o doppio diodo, ha il compito di rivelare e di fornire la tensione per la regolazione automatica della sensibilità. Naturalmente, bisogna verificare pure i circuiti d'accoppiamento fra stadio e stadio, il potenziometro per la regolazione manuale dell'intensità sonora, che può essere interrotto, e il condensatore di trasferimento. Altre cause possono risiedere nel circuito del diodo rivelatore o in quello di trasferimento fra sezione rivelatrice e sezione amplificatrice e, in tale caso, toccando la griglia del tubo, si deve sentire dall'altoparlante il caratteristico ronzio. Resta naturalmente sottinteso che, prima di procedere a una verifica dei circuiti, conviene accertarsi della efficienza dei tubi, onde evitare inutili perdite di tempo. Ricordiamo che contatti irregolari ai piedini sono assai frequenti così come contatti accidentali fra lo schermo metallico che circonda i tubi e l'attacco di griglia, facente capo al cappellotto alla sommità del bulbo. Quanto abbiamo detto, si riferisce al caso in cui il ricevitore sia « muto ». Passiamo ora al caso in cui esso funzioni, ma

funzioni irregolarmente. Vibrazioni irregolari della membrana, determinate da scentratura della bobina mobile, da allentamento del centratore, da rottura dello stesso, da deformazione della membrana, ecc. ecc. sono particolarmente evidenti e di facile individuazione. Rimandiamo, a proposito, alla voce CENTRATURA DELLA BOBINA MOBILE.

La distorsione che si può verificare nella riproduzione, nel caso in cui essa non sia dovuta ai difetti dell'altoparlante, cui ora abbiamo accennato, può essere causata da diminuzione nei valori delle tensioni di alimentazione, diminuzione che può derivare da abbassamento della tensione della rete, da errata posizione del cambio-tensioni, oppure, da esaurimento incipiente del rettificatore. Altra causa di distorsione può essere il cortocircuito fra le armature del condensatore in parallelo al resistore catodico di polarizzazione che ha, come conseguenza, l'annullamento della tensione di polarizzazione.

Fra gli inconvenienti che possono verificarsi in un radioricevitore, vi è pure il ronzio che, nel caso in cui questo si verifichi solamente quando il radioricevitore è sintonizzato su una portante dal campo molto intenso (stazione locale o assai vicina), è da attribuirsi alla irradiazione, da parte della



Eliminazione del ronzio determinato da emissione da parte della rete c. a. di un segnale modulato dalla corrente della rete stessa.

rete c.a., di un segnale captato e modulato dalla c.a. stessa. Detto inconveniente può esser eliminato, almeno parzialmente, collegando fra un estremo della rete che fa capo al primario del trasformatore di alimentazione e la massa, un condensatore di $10.000 \div 20.000$ pF, migliorando la presa di terra e collegando fra gli estremi del secondario AT e massa due condensatori di almeno 100.000 pF (v. figura). Il ronzio determinato da livellamento difettoso, è invece riscontrabile su tutta la scala e è da ritenersi determinato da perdita, da parte dei condensatori di filtro delle loro caratteristiche, s'intende, quando non sia dovuto a interruzione nei collega-

menti degli stessi. Più raro è il caso in cui il ronzio trae la sua origine dalla influenza esercitata dal campo del trasformatore di alimentazione su qualche componente della sezione AF del ricevitore, essendo presupposto che, in sede di progetto e di costruzione, si sia provveduto a disporre convenientemente le varie parti dell'apparecchio. Se il tubo finale è alimentato in alternata e la presa centrale rappresentante lo « zero » del catodo perde di simmetria, per una ragione qualsiasi, ne può derivare ronzio e così pure, questo può essere determinato, se il tubo è a riscaldamento indiretto, da diminuzione dell'isolamento fra catodo e filamento. Nel primo caso, bisognerà ripristinare la simmetria scomparsa, nel secondo, sostituire il tubo.

La distorsione nella riproduzione, nel caso in cui il funzionamento dei tubi sia regolare e le tensioni quelle esatte, può manifestarsi con prevalenza delle note alte o con prevalenza di quelle basse. La deficienza delle note basse può essere determinata da insufficiente capacità dei condensatori di trasferimento o da reattanza induttiva eccessiva in parallelo ai circuiti sede di correnti ad AF. Dualmente, eccessiva induttanza in serie o eccessiva capacità in parallelo, determinano la deficienza delle note alte. Si verifichino allora, con cura, il circuito o i circuiti di regolazione del tono che, negli apparecchi più semplici e di minor costo, sono costituiti da una impedenza regolabile in parallelo, la cui componente reattiva è capacitiva, mentre, negli apparecchi di alta classe e costruiti per scopi speciali, vi è doppia possibilità di regolazione essendovi pure un'impedenza regolabile, sempre in parallelo, la cui componente reattiva è induttiva. Talvolta si possono verificare oscillazioni parassite a frequenza assai bassa, per lo più di rilassamento. Dette oscillazioni possono essere determinate da un tubo avariato. Se, pure sostituendo i tubi le oscillazioni persistono, l'inconveniente ha carattere circuitale ed è conveniente verificare i circuiti di disaccoppiamento, costituiti da resistori in serie e condensatori in parallelo. Spesso, uno dei condensatori di disaccoppiamento può essere avariato o staccato. Le oscillazioni parassite in oggetto, possono manifestarsi solo durante il riscaldamento dei tubi o con continuità. Nel primo caso il fatto è dovuto al verificarsi delle condizioni di innesco limitatamente al periodo di riscaldamento. Per quanto riguarda l'effetto microfonico dei tubi, rimandiamo a MICROFONICITÀ.

d) *GUASTI NELLA SEZIONE GRAMMOFONO.* Nella sezione grammofono è da ricercarsi il guasto, quando funzionando regolarmente il complesso come radioricevitore esso non fun-

ziona o funziona irregolarmente come grammofo. Poichè il fonorilevatore fa capo alla sezione AF e questa funziona regolarmente, l'analisi si limita al fonorilevatore e ai collegamenti dello stesso, quindi, se il complesso non funziona e i collegamenti sono in ordine, l'anomalia risiede nel sistema elettroacustico di trasduzione. Se il fonorilevatore è elettromagnetico, bisogna sostituire la bobinetta, se è piezoelettrico occorrerà sostituire o riparare l'elemento bimorfo i cui elettrodi possono essere interrotti o in cortocircuito. Ben più frequenti sono i casi in cui la riproduzione è distorta. Come prima cosa, è necessario verificare il sistema meccanico che non deve essere ostacolato nel suo movimento. Essendo il contrasto ottenuto mediante cuscinetti o tubetti di gomma, è necessario accertarsi che la gomma non sia secca nè consumata e procedere alla sua eventuale sostituzione. La gomma utilizzata deve essere caratterizzata da una giusta elasticità, in modo da non ostacolare eccessivamente il moto dell'ancoretta, con conseguente perdita di sensibilità e neppure eccessivamente cedevole. Se la velocità del piatto giradischi è eccessiva o scarsa la riproduzione è eccessivamente acuta o eccessivamente cupa. Se è eccessiva e la levetta di regolazione non agisce, è presumibile che questa agisca in folle sul perno di comando. Occorrerà, allora, fissarla adeguatamente. Se, invece, la velocità del motore è scarsa, è necessario smontarlo e pulirlo con benzina lubrificandolo poi, a rimontaggio ultimato. Bisogna naturalmente tener presente che, essendo i motorini giradischi per lo più a campo rotante, l'inserzione degli stessi su una rete di frequenza inferiore a quella per cui sono stati progettati, si traduce in una diminuzione della velocità di rotazione. Talvolta, diminuendo la velocità mediante la leva apposita, si denota un caratteristico rumore metallico: esso è determinato dalla consunzione del feltro che appoggia sulla flangia del regolatore centrifugo di velocità. Quando la velocità del piatto giradischi è eccessiva o scarsa, pur essendo uniforme, l'ascolto è ancora accettabile, in quanto i giusti rapporti di frequenza fra le varie note, rimangono inalterati. L'ascolto non è più possibile quando la velocità è irregolare. Tale inconveniente è per lo più determinato da irregolare funzionamento del regolatore centrifugo. Se una delle mollette è spezzata, il peso relativo andrà a toccare altre parti del motore determinando un forte rumore di mitragliatrice, quando il motore è in funzione. Se la puntina viene sbalzata dal solco e il disco non è difettoso è necessario verificare se il piano di rotazione del piatto non varia, o regolare opportunamente il bi-

lanciamento del braccio del fonorilevatore.

Quando la riproduzione è accompagnata da ronzio può essere invertito l'attacco alla presa grammofonica o può essere staccato l'attacco dello schermo del cavetto, da massa. Spesso, i fonorilevatori sono dotati di un filtro per eliminare il fruscio. Detto filtro deve essere ispezionato, quando il fruscio di natura elettrica è eccessivo, anche usando dischi in ottimo stato di conservazione. Il fruscio meccanico, proveniente direttamente dall'ancoretta del fonorilevatore può essere attenuato mediante una accurata revisione del sistema meccanico e l'eventuale sostituzione dei cuscinetti di gomma cui già abbiamo accennato. Comunque, un buon bilanciamento del braccio può attenuare anche questo tipo di fruscio.

e) *GUASTI NELLE SEZIONI FI E RF.* Se il funzionamento del radiorecettore come grammofo è regolare, la ricerca dell'inconveniente lamentato va senz'altro localizzata negli stadi RF e FI. Come prima cosa, se l'apparecchio è muto, si verifichino l'efficienza dei tubi, gli zoccoli di attacco degli stessi e gli attacchi facenti capo ai cappellotti dei tubi, tenendo presente che, assai spesso, una sistemazione irregolare di uno schermo può determinare un contatto accidentale fra questo e la griglia del tubo. Se, collegando l'antenna direttamente al cappellotto della convertitrice, l'apparecchio funziona, sarà il circuito dell'aereo, sede dell'inconveniente o, se esiste preamplificazione a RF, esso potrà pure risiedere nello stadio amplificatore. Nei ricevitori plurigamma il tener conto se la ricezione è nulla o irregolare su una sola gamma o su tutte le gamme, può facilitare assai la localizzazione dell'inconveniente lamentato. È frequente il caso in cui il ricevitore funzioni solamente in corrispondenza della parte della gamma a maggiore frequenza: ciò può essere determinato da cortocircuito fra rotore e statore dei condensatori variabili che sopravviene quando i condensatori vengono chiusi oltre un certo limite. Se, applicando un segnale adeguato all'ingresso del primo stadio FI, si constata la regolarità della sezione FI, può non funzionare l'eterodina locale. Questo inconveniente può essere messo in evidenza con un altro ricevitore immediatamente vicino che, normalmente, dovrebbe ricevere il segnale generato dall'eterodina del ricevitore in esame, sulla frequenza definita dalla somma delle frequenze di sintonia e di quella che caratterizza la mediafrequenza. La continuità dei diversi avvolgimenti dei trasformatori di RF e di FI, va controllata con un provacircuito e le tensioni dei tubi controllate con uno strumento a elevatissima resistenza interna.

f) **ALTRI INCONVENIENTI e CONSIDERAZIONI VARIE.** Un inconveniente non raro, è il mancato funzionamento della regolazione automatica della sensibilità. Questo inconveniente è accompagnato dalla inattività dell'indicatore ottico di sintonia ed è caratterizzato dalla dipendenza dell'intensità della riproduzione dall'intensità del segnale captato e da fenomeni di sovraccarico, per i segnali più intensi. L'inconveniente dovrà essere ricercato nel circuito di trasferimento della tensione regolatrice che, spesso, può essere fuggata a massa o a causa di cortocircuito in un condensatore del filtro che elimina la modulazione della tensione regolatrice o a causa di qualche contatto accidentale. Se il ricevitore non è perfettamente allineato, esso difetta generalmente di sensibilità. L'allineamento delle mediefrequenze non deve essere fatto a orecchio ma utilizzando un buon generatore modulato, accordato sul valore della FI. Per quanto riguarda l'allineamento della sezione RF, v. MONOCOMANDO DI SINTONIA. Talvolta, su tutta o su parte della scala, si sente, al posto di ogni singola stazione, un fischio caratteristico di battimento fra il segnale della stazione e un segnale parassita locale: la causa può risiedere nell'esistenza di segnali spuri dell'oscillatore, nell'avaria di un circuito di disaccoppiamento o, anche, a mancata taratura.

REPETTRICE, STAZIONE —: v. RELÉ, RADIOTRASMETTITORE —.

RIPRISTINO DELLA COMPONENTE CONTINUA [*trasmissione delle immagini*]. Un segnale video è costituito da due componenti: una modulata, che fornisce il dettaglio, e una costante, che definisce lo splendore medio dell'immagine. Poiché il segnale video, nella catena di amplificatori, perde la componente costante, il cui passaggio è impedito dalla presenza dei condensatori che fanno parte del circuito, è necessario ripristinare, ad amplificazione avvenuta, la componente soppressa.

RIPRODUTTORE ACUSTICO: v. le voci ALTOPARLANTE e CUFFIA.

RISCALDAMENTO. || **CATODO A — DIRETTO:** v. CATODO, a), 1). || **CATODO A — INDIRETTO** v. CATODO, a), 2). || **R. A INDUZIONE:** v. RISCALDAMENTO MEDIANTE CORRENTE A RADIOFREQUENZA, b). || **R. DIELETTICO:** v. RISCALDAMENTO MEDIANTE CORRENTE A RADIOFREQUENZA, a). || **R. ELETTRICO.** È il riscaldamento ottenuto sfruttando l'effetto Joule; v. JOULE, EFFETTO —. || **R. ELETRONICO.**

v. RISCALDAMENTO MEDIANTE CORRENTE A RADIOFREQUENZA.

R. MEDIANTE CORRENTE A RADIOFREQUENZA. È pure diffusa la voce di *riscaldamento elettronico*. I due fenomeni elettromagneticamente duali, consistenti nel riscaldamento del dielettrico, soggetto a un campo elettrico variabile e del materiale ferromagnetico, soggetto a un campo magnetico variabile, riguardano per lo più dal punto di vista dissipativo e quindi, generalmente combattuti, vengono sfruttati nei *forni a radiofrequenza* in cui, l'ottenimento di temperature elevate, viene conseguito appunto sfruttando detti fenomeni. I due casi vengono generalmente distinti in *riscaldamento dielettrico* e in *riscaldamento a induzione* e a entrambi, accenneremo separatamente.

a) **RISCALDAMENTO DIELETTICO.** Consideriamo due elettrodi, per esempio, due superfici piane metalliche e parallele, fra le quali sia interposto un dielettrico. Se ai due elettrodi viene applicata una f.e.m. oscillante a RF, il dielettrico si riscalda (ordine di grandezza della frequenza $1 \div 200$ MHz). Questo riscaldamento può essere determinato da trasformazione di energia elettrica in energia termica, trasformazione che può trarre la sua origine da cause diverse. L'azione del campo elettrico alternato che, agendo su un dielettrico perfetto, determinerebbe una polarizzazione alternata in perfetto sincronismo col campo agente, nel caso del dielettrico reale, ha per conseguenza una polarizzazione « ritardata » in quanto essa non avviene istantaneamente, ma con un certo ritardo, nei confronti dell'azione del campo. Di conseguenza, esisterà un certo sfasamento fra campo e carica, da cui deriverà perdita di energia che si

manifesterà sotto forma di calore. I due elettrodi, fra i quali il dielettrico è interposto, costituiscono le armature di un condensatore. Nel caso ideale in cui il dielettrico fosse perfetto e non esistessero perdite, corrente e tensione sarebbero in

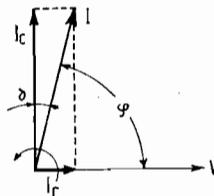


FIG. 1 - Diagramma vettoriale relativo al riscaldamento dielettrico.

quadratura, anticipando la corrente sulla tensione di 90°. Nel caso del dielettrico reale, l'angolo phi fra tensione e corrente, sarà inferiore a 90°. La potenza trasformata in calore, vale allora:

$$[1] \quad P = V I \cos \varphi,$$

essendo V e I la tensione e la corrente, rispet-

tivamente. In generale però, φ è prossimo a 90° , per cui l'angolo di perdita:

$$\delta = 90^\circ - \varphi$$

è assai piccolo. La corrente I (v. fig. 1), sarà allora pochissimo diversa dalla sua componente I_c , in quadratura con la V , per cui potremo scrivere:

$$[2] \quad P = VI \cos \varphi = VI_c \operatorname{tg} \delta.$$

Ma è:

$$[3] \quad I_c = \frac{V}{X},$$

essendo:

$$[4] \quad X = \frac{1}{\omega C}$$

la reattanza, dove ω è la pulsazione e C la capacità del condensatore costituito dall'insieme elettrodi-dielettrico. In base alla [4] la [3] diverrà:

$$I_c = \omega C V,$$

da cui, essendo $\omega = 2\pi f$, dove f è la frequenza, tenendo conto della [2], potremo scrivere:

$$[5] \quad P = 2\pi f V^2 C \operatorname{tg} \delta.$$

Essendo:

$$C = \varepsilon \frac{S}{l},$$

dove S è la superficie degli elettrodi affacciati, l la distanza che li separa ed ε la costante dielettrica assoluta del dielettrico, la [5] diventa:

$$[6] \quad P = \frac{2\pi \varepsilon f V^2 S \operatorname{tg} \delta}{l}.$$

Nel sistema Giorgi, essendo:

$$\varepsilon = \varepsilon_r \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}, \quad [\text{F/m}]$$

dove ε_r è la costante dielettrica relativa, la [6] diventerà:

$$[7] \quad P = \frac{55,5 \varepsilon_r f V^2 S \operatorname{tg} \delta}{l} \cdot 10^{-12},$$

dove P è in [W], f in [Hz], V in [V], S in [m²] e l in [m]. Introducendo il campo elettrico E in [V/m] e il volume v del dielettrico, in [m³], la [7] potrà scriversi:

$$[8] \quad P = 55,5 \cdot \varepsilon_r / E^2 v \operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-12}.$$

Nel calcolo di un forno che sfrutta per il suo riscaldamento le perdite dielettriche, oltre al calore necessario per il riscaldamento del corpo, bisogna pure tener conto delle perdite di calore determinate da conduzione, inaggiamento e, eventualmente, anche da convezione, perdite però che sono piccole e addirittura trascurabili, quando il riscaldamento avviene con una certa rapidità. Indicando con τ_1 e τ_2 la temperatura iniziale e finale del materiale, con m la sua massa in

[kg] e con c il calore specifico in [Cal/kg °C], la potenza P in [W], è data da:

$$P = 4,2 m c \frac{\tau_2 - \tau_1}{t} \cdot 10^3,$$

dove t è il tempo di riscaldamento.

Oltre alla quantità di calore sviluppata a causa della polarizzazione dielettrica che, come è noto, si pensa consista in un effetto di orientazione e di spostamento delle molecole (Debye), con conseguente sviluppo di calore, causato dall'attrito associato a dette azioni meccaniche, si ha pure sviluppo di calore, come conseguenza della conduttività nonnulla del materiale, in cui il campo elettrico variabile ha sede. Si tratterà allora di vera e propria produzione di calore per effetto Joule, il cui valore sarà presto determinato, considerando l'espressione quantitativa della legge corrispondente, tenendo però presente che nei materiali caratterizzati da conduttività troppo elevata (superiore a 10^{-3} S/cm), comincia a non essere più trascurabile l'effetto pellicolare.

La relazione [8] rende evidente come la quantità di calore sviluppata, sia direttamente proporzionale a ε_r , a $\operatorname{tg} \delta$, a f e ad E^2 . Essendo ε_r e $\operatorname{tg} \delta$ costanti del materiale e non potendo quindi essere convenientemente variate, il tempo di riscaldamento potrà essere diminuito, aumentando f , E e, quindi, la tensione. Bisogna tener presente che, per frequenze molto elevate, le dimensioni geometriche degli elettrodi possono essere del medesimo ordine di grandezza della lunghezza d'onda, con conseguente formazione di onde stazionarie e riscaldamento non uniforme del materiale. Inoltre è necessario non dimenticare che la tensione non può essere spinta oltre il limite consentito dalla rigidità elettrostatica del dielettrico. Per materiali caratterizzati da $\operatorname{tg} \delta$ assai piccolo, il rendimento è assai modesto a causa del basso valore della energia ceduta; tra questi materiali, ricordiamo, per esempio, il quarzo e l'ipertrolitul.

Gli elementi costitutivi di una apparecchiatura per il riscaldamento dielettrico, sono sei. 1. alimentatore, costituito da un trasformatore di alimentazione ad A T con tubi

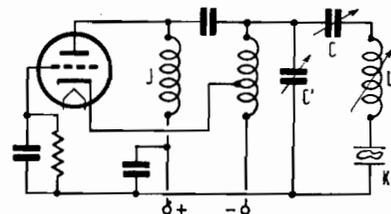


Fig. 2 - Circuito di un generatore autoeccitato per forno a riscaldamento dielettrico.

rettificatori a vapori di mercurio, seguiti da un filtro di livellamento. Il secondo componente di un forno a RF e il più importante, è il *generatore* vero e proprio che può essere

sioni, da adattare a diversi corpi da riscaldare. Dalla forma degli elettrodi, dipende la modalità di distribuzione del calore. Anche *C* e *L* possono considerarsi parti integranti del circuito di utilizzazione.

Quarto componente è il *regolatore del tempo di riscaldamento*, che può essere azionato a mano o automaticamente ed è basato sull'impiego di relé termici. Un sistema di relé tarati, costituisce invece l'*autoregolatore della potenza resa* (quinto componente). Sesto e ultimo componente, è un *indicatore di potenza*. Il regolatore del tempo di riscaldamento, l'autoregolatore della potenza e l'indicatore di potenza, possono venire riuniti nell'unico gruppo delle *apparecchiature ausiliarie*.

In fig. 3 è illustrato un forno a RF per riscaldamento dielettrico, mentre, in fig. 4, è lo stesso forno aperto, in modo da renderne visibili gli elettrodi.

Il principale vantaggio del riscaldamento dielettrico, consiste nel fatto che il calore non viene comunicato al corpo da riscaldare ma nasce in seno alla materia. La rapidità di riscaldamento è quindi superiore a quella ottenuta seguendo un qualsiasi altro sistema,

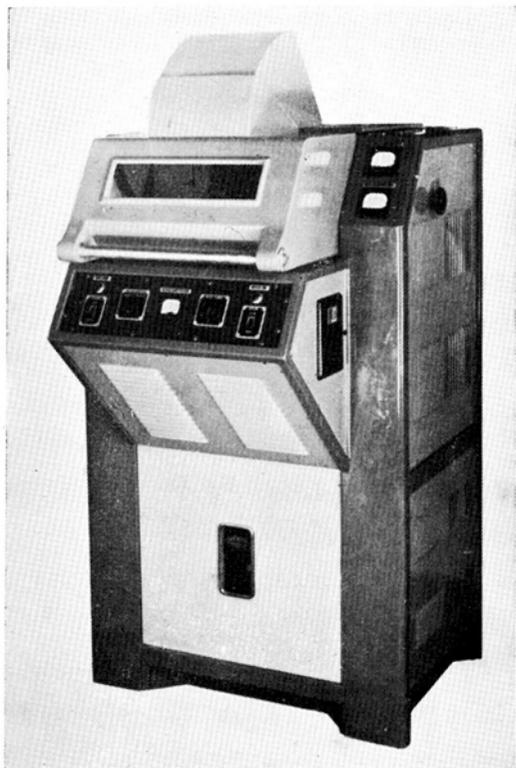


FIG. 3 - Forno a RF per riscaldamento dielettrico (foto dovuta alla cortesia della « Fabbrica Italiana Magneti Marelli »).

costituito da uno stadio autoeccitato o da uno stadio pilotato da un generatore pilota. Questa seconda disposizione presenta il vantaggio di una buona stabilità di frequenza. L'instabilità di frequenza è un inconveniente particolarmente dannoso, quando il carico deve variare entro limiti piuttosto ampi. Per quanto riguarda la frequenza di lavoro, la Federal Communication Commission, ha proposto le due gamme seguenti: $27,305 \div 27,335$ e $40,06 \div 41,00$ MHz, la cui ampiezza limitata richiederebbe generatori stabilizzati seguiti da amplificatore di potenza. Un circuito tipico di generatore autoeccitato per forno a riscaldamento dielettrico, è illustrato in figura 2. *K* è il carico, mentre *L* e *C* sono una induttanza e una capacità variabili per la regolazione del carico e *C'*, il condensatore di accordo. Terzo componente è appunto il carico *K*, ossia il *circuito di utilizzazione*, costituito da una serie di elettrodi (armatura del condensatore) di diverse forme e dimen-

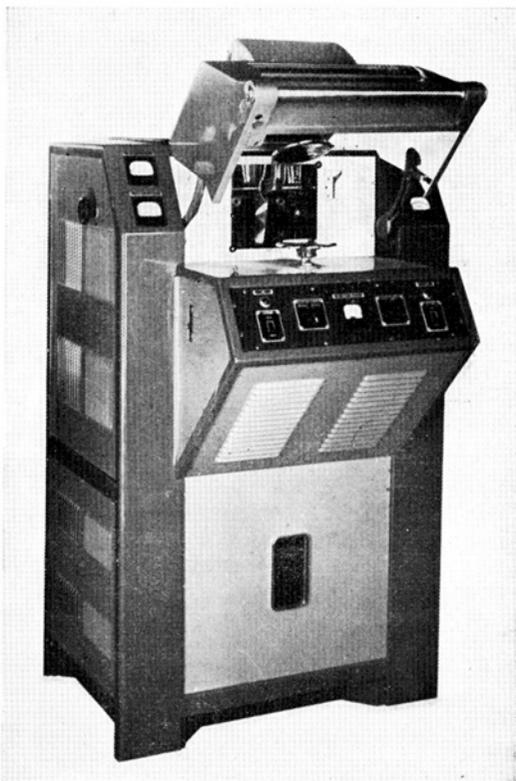


FIG. 4 - Stesso forno di fig. 3, aperto in modo da renderne visibili gli elettrodi (foto dovuta alla cortesia della « Fabbrica Italiana Magneti Marelli »).

il riscaldamento è particolarmente uniforme a meno che una certa inuniformità non sia voluta appositamente e ottenuta mediante particolare conformazione degli elettrodi. Il rendimento è assai elevato in quanto la quantità di calore perso è assai ridotta.

Particolare vantaggio dall'impiego dei forni a riscaldamento dielettrico, ha tratto la lavorazione della materie resinose termoplastiche e termoindurenti.

Pure nella lavorazione del legno, si sono avuti vantaggi sensibili, specie nella fabbricazione di speciali legni compensati, incollando i fogli mediante resine termoindurenti che

sede di corrente oscillante a RF. Siccome, per l'effetto pellicolare magnetico, le linee di forza magnetica tendono a scorrere preferibilmente in vicinanza della superficie del materiale immerso nel campo, quando questo è alternato con frequenza molto elevata, il maggior riscaldamento si avrà in corrispondenza dello strato esterno della massa metallica, caratteristica questa sfruttata nei procedimenti di tempra superficiale e in tutti i casi in cui il procedimento termico debba essere limitato alla zona periferica del materiale.

I due parametri che caratterizzano quan-

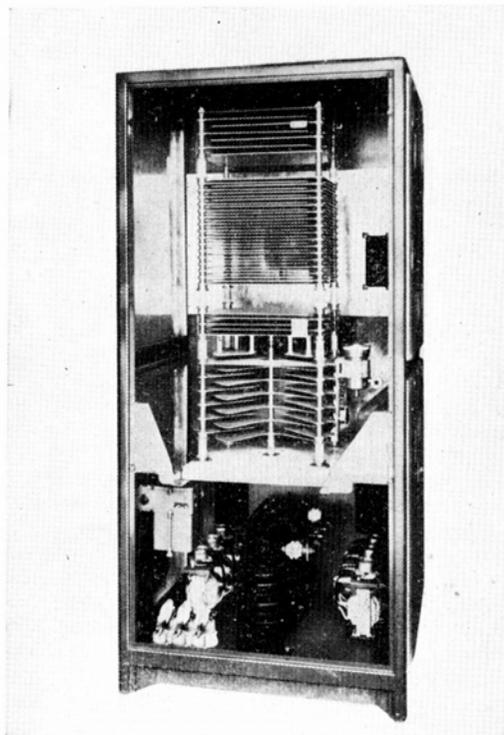
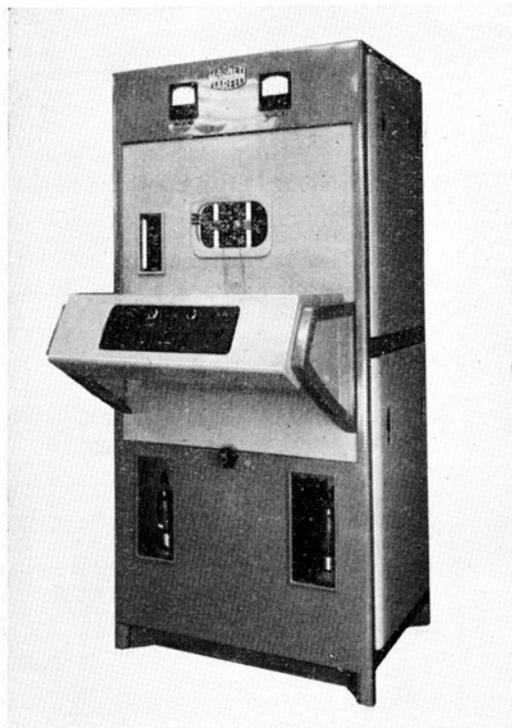


FIG. 5 - Forno a RF a induzione per il trattamento termico dei metalli (foto dovuta alla cortesia della « Fabbrica Italiana Magneti Marelli »).

non hanno solo mansioni adesive, ma anche impregnanti. Per quanto concerne la lavorazione della gomma, il riscaldamento dielettrico è stato introdotto nel trattamento del lattice, con conseguente coagulazione particolarmente uniforme, e anche nei processi di vulcanizzazione, senza contare i vari processi di essiccazione e di cottura.

b) **RISCALDAMENTO A INDUZIONE.** Il riscaldamento a induzione sfrutta le correnti di Foucault e le perdite per isteresi che hanno la loro sede in seno a un conduttore massiccio, immerso nel campo di un induttore

titativamente l'entità del fenomeno sfruttato nel riscaldamento a induzione, sono la resistività del materiale e la sua permeabilità. È evidente quindi, che i materiali ad alta conduttività (e, quindi, a bassa resistività), non sono molto indicati al trattamento termico a induzione, mentre lo sono, in modo particolare, i materiali ferromagnetici nei quali, alla resistività relativamente alta è associata una elevata permeabilità.

In fig. 5 è illustrato un forno a RF a induzione, per trattamento termico di metalli, con vista anteriore e vista posteriore. In fig. 6 è un forno analogo, ma di maggiore potenza.

TEMPO DI —: v. TEMPO DI RISCALDAMENTO DEL CATODO. || **TERMOCOPPIA A — DIRETTO**: v. AMPEROMETRO, b), 2). || **TERMOCOPPIA A — INDIRETTO**: v. AMPEROMETRO, b), 2).

per esempio, riscaldatori nei termostati, la cui corrente viene interrotta ogni qualvolta la temperatura raggiunge un limite fissato. Pure il filamento di un tubo a riscaldamento

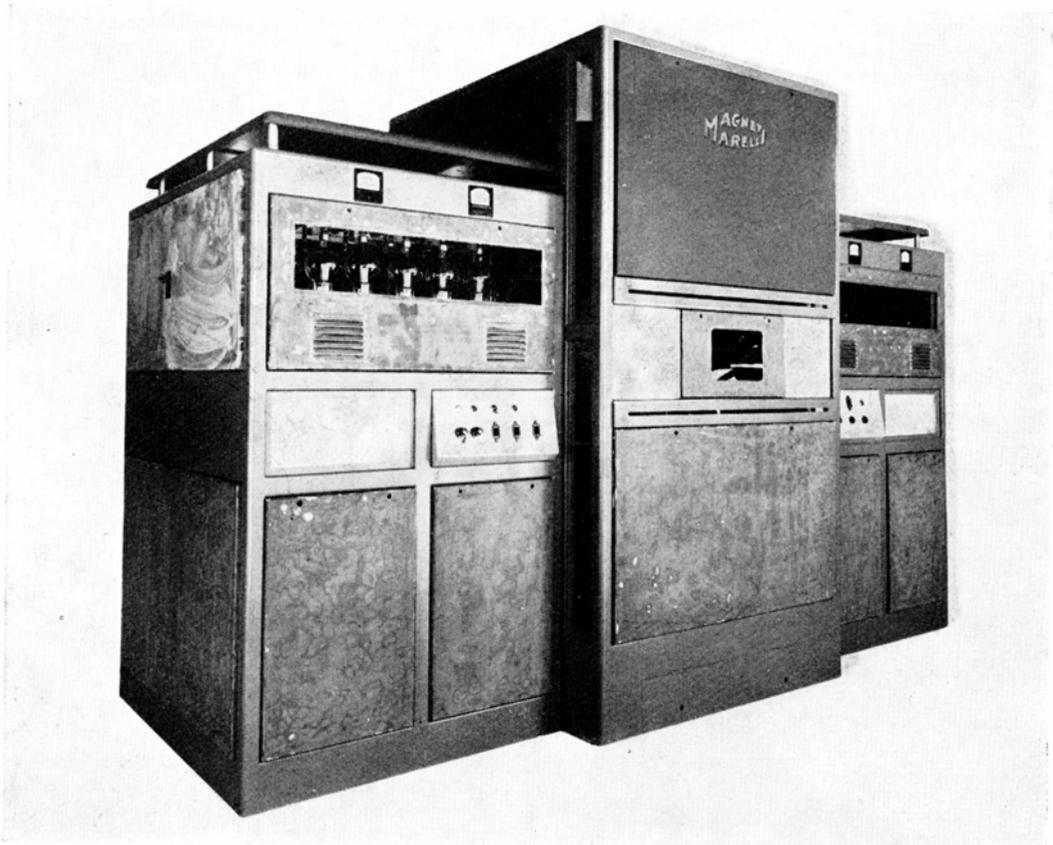
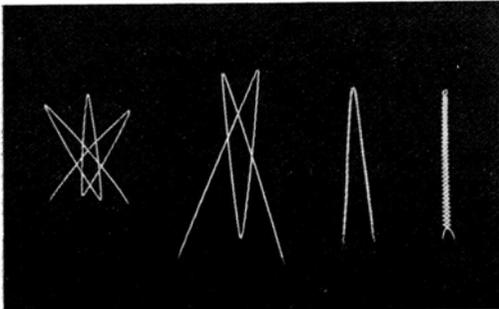


FIG. 6 - Forno analogo a quello di fig. 5, ma di maggiore potenza (foto dovuta alla cortesia della « Fabbrica Italiana Magneti Marelli »).

RISCALDATORE. È un elemento costituito da un conduttore dotato di resistività relativamente alta, che viene riscaldato per effetto Joule, dal passaggio di corrente elettrica e che, a sua volta, cede calore. Si usano,

indiretto viene chiamato *riscaldatore*, in quanto esso ha mansioni puramente termiche e non costituisce un elettrodo del tubo. In figura sono illustrati alcuni tipi di riscaldatori per tubi termoelettronici (FIVRE).



Alcuni tipi di riscaldatori per tubi termoelettrici.

RISOLUZIONE [*trasmissione delle immagini*]. Sinonimo di FINEZZA DEL DETTAGLIO (v. questa voce). || **CARTA DI** —: v. CARTA DI RISOLUZIONE.

RISONANZA: v. le voci RISONANZA ACUSTICA, RISONANZA ELETTRICA e RISONANZA MECCANICA. || **ALTEZZA DI — DI UN'ANTENNA**: v. RISONANZA ARMONICA DI UN'ANTENNA. || **LUNGHEZZA DI — DI UN'ANTENNA**: v. RISONANZA ARMONICA DI UN'ANTENNA.

R. ACUSTICA [*acustica*]. Un sistema acustico, è un particolare sistema meccanico (v. RISONANZA MECCANICA), in cui l'elemento iner-

ziale è determinato, invece che dalla pura massa m , dalla massa riferita a una superficie S , e in cui l'elemento elastico è determinato dal volume v di fluido spostato per unità di pressione acustica ϕ . In luogo delle relazioni [1], [2] e [3], che compaiono sotto la voce sopra citata, avremo, in questo caso:

$$x_a = \omega \frac{m}{S} - \frac{1}{\omega \frac{v}{\phi}} = \omega \frac{m}{S} - \frac{\phi}{\omega v},$$

$$\omega_0 \frac{m}{S} - \frac{\phi}{\omega_0 v} = 0,$$

$$\omega_0^2 = \frac{\phi S}{m v};$$

v , anche le voci ACUSTICA ed ELETTROACUSTICA.

R. ARMONICA DI UN'ANTENNA. Si dice che una antenna entra in risonanza quando, essendo eccitata su una determinata frequenza, essa diviene sede di onde stazionarie. Un'antenna può risonare su più frequenze. La frequenza più piccola sulla quale essa entra in risonanza si definisce *frequenza di risonanza fondamentale*. Di pari passo, si può definire il concetto di *lunghezza di risonanza* di un elemento irradiante che, nel caso in cui l'elemento sia verticale, è generalmente chiamata *altezza di risonanza*. Supponendo che la velocità di propagazione delle onde di corrente e di tensione nei conduttori sia coincidente alla velocità di propagazione delle oscillazioni elettromagnetiche nello spazio, detta l la lunghezza dell'elemento irradiante, affinché lo stesso possa essere sede di onde stazionarie, deve essere, essendo λ la lunghezza d'onda:

$$[1] \quad l = n \frac{\lambda}{2},$$

cioè, deve essere la lunghezza dell'elemento irradiante uguale a un numero intero (n) di mezze lunghezze d'onda. Per $n = 1$ e per una determinata lunghezza d'onda, la [1] fornisce la *lunghezza di risonanza fondamentale* dell'elemento irradiante. Ricordando la relazione tra lunghezza d'onda, velocità di propagazione c delle onde elettromagnetiche nello spazio e frequenza f , la [1] potrà essere scritta:

$$l = n \frac{c}{2f},$$

ovvero, ponendo per c il valore approssimato di $3 \cdot 10^8$ m/sec (in realtà $2,99792 \cdot 10^8$ m/sec):

$$[2] \quad l = n \frac{150}{f},$$

in cui l risulta espressa in [m], se si è avuta l'avvertenza di esprimere f in [MHz]. In realtà, la [2] non può essere utilizzata per il progetto effettivo di un elemento irradiante. Infatti, a causa dell'essere la velocità di propagazione delle onde di corrente e di tensione nei conduttori minore della velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nello spazio e per l'effetto di estremità, la lunghezza di risonanza dell'elemento irradiante risulta minore di quello dato dalla [2]. Giacchè ci si trova nella impossibilità teorica di dare degli esatti coefficienti di riduzione ($0,92 \div 0,95$) è evidente che il solo metodo per portare alla risonanza un'antenna consiste nel procedere per tentativi o nell'utilizzare un sistema di alimentazione nel quale la linea di alimentazione e l'antenna siano portate alla risonanza, come se fossero un tutto unico. Da tenere presente anche l'influenza che ha, sulla lunghezza di risonanza, la scelta del punto di alimentazione. Un'antenna alimentata a un estremo ha lunghezza di risonanza leggermente maggiore di una alimentata al centro, dato che, in quest'ultimo caso, l'attenuazione di corrente lungo l'elemento irradiante risulta minore. Si tenga presente che, nel caso dell'antenna Marconi, si deve fare riferimento al quarto di lunghezza d'onda, anzichè a mezza lunghezza d'onda.

Come regola generale, va tenuto presente che, salvo rare eccezioni, il rendimento di un elemento irradiante è massimo alla risonanza. Per portare alla risonanza un'antenna troppo lunga o troppo corta, si ricorre all'*accorciamento* o all'*allungamento elettrico*, mediante l'inserzione di capacità o induttanze, rispettivamente. Per maggiori notizie sull'argomento si rinvia alla voce ANTENNA, b), 1). Che un'antenna radiotrasmittente sia portata esattamente alla risonanza è tanto più importante quanto minore è la resistenza di irradiazione. In tal caso, infatti, è più elevato il fattore di merito e più acuta la curva di risonanza dell'elemento irradiante.

R. ELETTICA. Si distinguono due casi che si corrispondono dualmente, per cui accenneremo a essi con svolgimenti paralleli.

1) *Risonanza in serie* (o di corrente). Si consideri (v. fig. 1) un circuito costituito da un generatore di f.e.m. alternata, da una bobina

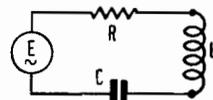


FIG. 1 - Circuito RLC a elementi in serie.

2) *Risonanza in parallelo* (o di tensione). Si consideri (v. fig. 2) un circuito costituito da un generatore di corrente alterna, da una bobina

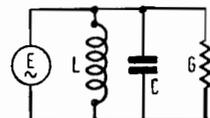


FIG. 2 - Circuito RLC a elementi in parallelo.

d'induttanza L , da un condensatore di capacità C e da una resistenza R , collegati in serie.

Immaginando trascurabile l'impedenza di E , l'impedenza complessiva del circuito, è:

$$Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right),$$

[1]

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Per la legge di Ohm generalizzata, la corrente istantanea i nel circuito, vale:

$$[2] \quad i = \frac{e}{Z} =$$

$$= \frac{e}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

Nel caso particolare in cui la ω assuma il valore ω_0 , in corrispondenza del quale si abbia:

$$[3] \quad \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C},$$

$$[4] \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC},$$

l'impedenza si riduce alla sola componente reale e il corrispondente modulo Z raggiungerà il suo minimo valore:

$$Z = R.$$

La [2] diventa allora:

$$[5] \quad i = \frac{e}{R},$$

ossia, il valore efficace I della intensità di corrente, sarà massimo. Come si vede, la [5] altro non è che la legge di Ohm per corrente continua, per cui si può affermare che, al verificarsi della [3], che esprime evidentemente la *condizione di risonanza (di corrente)*, il circuito diviene non reattivo e a esso è possibile applicare la legge di Ohm elementare, come nel caso in cui si trattasse di un circuito di resistenza R , percorso

ternata, da una bobina di induttanza L e da una conduttanza G , collegati in parallelo.

Immaginando trascurabile l'ammettenza di E , l'ammettenza complessiva del circuito, è:

$$Y = G - j \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right),$$

[1']

$$Y = \sqrt{G^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2}$$

Per l'espressione duale della legge di Ohm generalizzata, la f.e.m. istantanea e , ai terminali del circuito, vale:

$$[2'] \quad e = \frac{i}{Y} =$$

$$= \frac{i}{\sqrt{G^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2}}$$

Nel caso particolare in cui la ω assuma il valore ω_0 , in corrispondenza del quale si abbia:

$$[3'] \quad \omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L},$$

$$[4'] \quad \omega_0^2 = \frac{1}{CL},$$

l'ammettenza si riduce alla sola componente reale e il corrispondente modulo Y raggiungerà il suo valore minimo:

$$Y = G.$$

La [2'] diventa allora:

$$[5'] \quad e = \frac{i}{G},$$

ossia, il valore efficace E della f.e.m. sarà massimo. Come ben si vede, la [5'] altro non è che la espressione duale della legge di Ohm per corrente continua, per cui si può affermare che, al verificarsi della [3'], che esprime la *condizione di risonanza (di tensione)*, il circuito diviene non suscettivo e a esso è possibile applicare la legge duale della legge di Ohm elementare, come se si trattasse di un circuito

da corrente continua. La curva rappresentata in figura 3, ottenuta riportando in un sistema di assi cartesiani ortogonali i valori della intensità di corrente I in ordinate e i valori della reattanza:

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

in ascisse, prende il nome di *curva di risonanza (di corrente)* del circuito in esame.

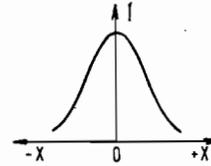


FIG. 3 - Curva di risonanza di corrente.

di conduttanza G , con applicata ai terminali una f.e.m. costante. La curva di fig. 4, ottenuta riportando in un sistema di assi cartesiani ortogonali i valori della f.e.m. E in ordinate e i valori della suscettanza:

$$B = \omega C - \frac{1}{\omega L}$$

in ascisse, prende il nome di *curva di risonanza (di tensione)* del circuito in esame.

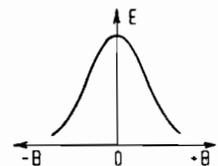


FIG. 4 - Curva di risonanza di tensione.

In radiotecnica, il fenomeno della risonanza elettrica ha molta importanza, perchè è proprio a esso che si deve la possibilità di selezionare i vari segnali di frequenza diversa e di ricevere solamente quello desiderato e, quindi, di effettuare emissioni contemporanee mediante trasmettitori ad area di servizio totalmente o parzialmente comune, senza reciproche e dannose interferenze. Se la pulsazione rimane costante e la condizione di risonanza viene ottenuta variando la capacità o l'induttanza, i valori di C e di L , corrispondenti al raggiungimento della condizione di risonanza, potranno venire chiamati *capacità di risonanza* e *induttanza di risonanza*, rispettivamente.

Oltre alle curve di risonanza di fig. 3 e di fig. 4, corrispondenti alle equazioni:

$$I = f(X), \\ E = f(B),$$

si possono pure tracciare curve di risonanza rappresentative delle equazioni:

$$I = f(C), \quad I = f(L), \quad I = f(\omega), \\ E = f(C), \quad E = f(L), \quad E = f(\omega).$$

Le relazioni [4] e [4'], ricordando che la frequenza è data da:

$$f = \frac{\omega}{2\pi},$$

ci permetteranno di scrivere:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

da cui essendo:

$$f_0 = \frac{1}{T_0},$$

dove T_0 è il periodo corrispondente alla frequenza di risonanza f_0 :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC},$$

relazione che non è altro che la nota *formula di Thomson*.

Alcuni Autori, anzichè parlare di risonanza di corrente (o in serie) e di risonanza di tensione (o in parallelo), parlano di *risonanza* e di *antirisonanza*, rispettivamente; si avranno così *pulsazioni di risonanza* e di *antirisonanza*, *frequenza*, *periodo*, ecc. di *risonanza* e di *antirisonanza*; v. anche COEFFICIENTE DI RISONANZA. Ritorniamo alle generalità.

Si consideri la relazione [2], riferita alle ampiezze **I** ed **E**. Si ha:

$$[6] \quad \mathbf{I} = \frac{\mathbf{E}}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}.$$

Se ω è la pulsazione di risonanza e R la resistenza alla risonanza, la corrente di risonanza è:

$$[7] \quad \mathbf{I}_0 = \frac{\mathbf{E}}{R_0}; \quad I_0 = \frac{E}{R_0}.$$

Dividendo membro a membro le [6] e [7] e ponendo:

$$\alpha = \frac{\omega}{\omega_0} - 1; \quad \omega = \omega_0(1 + \alpha),$$

si ottiene:

$$[8] \quad \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{I}_0} = \frac{1}{\frac{R}{R_0} + jQ\alpha\left(\frac{2 + \alpha}{1 + \alpha}\right)}.$$

Ammettendo, come generalmente è in pratica, Q costante, si ha:

$$\frac{R}{R_0} = \frac{\omega}{\omega_0} = 1 + \alpha.$$

In definitiva, ponendo $a = \alpha Q$, si ottiene:

$$[9] \quad \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{I}_0} = \frac{1}{1 + \alpha + ja\left(\frac{2 + \alpha}{1 + \alpha}\right)}.$$

Riportando, in un sistema di assi cartesiani ortogonali, il rapporto [9] in ordinata e, in ascissa, i valori di a , grandezza evidentemente nulla alla risonanza, essendo $\omega \equiv \omega_0$, si ottiene la *curva universale di risonanza*, rappresentata in fig. 5 (Terman). Essa vale

sia per i circuiti in serie (fig. 1), sia per i circuiti in parallelo (fig. 2). In riferimento ai secondi, la scala delle ordinate è graduata in rapporti di tensione anzichè di corrente.

La curva in oggetto consente di risalire al rapporto di corrente (dualmente di tensione, in riferimento a circuiti a elementi in parallelo), corrispondente a una determinata disintonizzazione, per un dato fattore di merito Q , e viceversa, utilizzando le relazioni indicate in figura, in alto a sinistra. Tale curva è però rigorosa solamente in riferimento a un fattore di merito Q praticamente invariabile al variare della frequenza (variazioni complementari di reattanza induttiva e di resistenza). Il secondo diagramma, di andamento simile a quello di un segno di integrazione, rappresenta gli angoli di fase (in ordinata), in funzione di a . Esso pure, vale sia per i circuiti a elementi in parallelo, che per circuiti a elementi in serie, tenendo presente che, in riferimento ai secondi, i ritardi e gli anticipi devono essere invertiti, in quanto, a parità di frequenza, i comportamenti capacitivo e induttivo si scambiano.

Altri diagrammi universali (relativi a circuiti caratterizzati da fattore di merito elevato) assai interessanti, sono riportati in figura 6. Essendo l'impedenza una specie di grandezza complessa, la curva universale può essere tracciata applicando il teorema di Pitagora, partendo dalle curve rappresentative della resistenza (reale) e della reattanza immaginaria. Ovviamente, in riferimento al caso duale, si parlerà di ammettenza, conduttanza (reale) e suscettanza (immaginaria).

Analizzando la fig. 6 è evidente come l'impedenza e la resistenza siano positive, mentre la reattanza sia positiva in corrispondenza del carico induttivo e negativa, in corrispondenza del carico capacitivo. È pure evidente l'annullarsi della componente reattiva in corrispondenza della risonanza, ossia, per $a = 0$ e come, in tale caso, il valore dell'impedenza venga a coincidere con quello della componente reale.

Il riportare in ascissa i valori di $a = \alpha Q$, in luogo di α , permette di ottenere una scala delle ascisse tanto più dilatata quanto più il Q è elevato, ossia quanto più acuta è la sintonia.

Per quanto concerne lo sfruttamento del fenomeno della risonanza per la sintonizzazione dei radiorecettori, rimandiamo il Lettore alla voce SINTONIA, COMANDO DI —, mentre altre notizie relative all'argomento in oggetto, si trovano alle voci CIRCUITI ACCOPPIATI e FILTRO ELETTRICO.

R. MECCANICA. Si consideri un oscillatore meccanico, costituito da un elemento inerziale di massa m e da un elemento elastico,

caratterizzato dalla cedevolezza c . Se i due sistemi sono fra di loro collegati, in modo che l'energia cinetica acquisita dall'elemento inerziale venga impiegata per caricare l'ele-

ranno infinitamente; v , anche la voce MECCANICA.

R. MULTIPLA. Hertz, conducendo le sue esperienze sulle onde elettromagnetiche e cercando di misurare la lunghezza d'onda di oscillazioni generate mediante un generatore di onde smorzate, provocando, mediante riflessione, onde stazionarie e usando un risonatore, notò come la lunghezza d'onda misurata fosse sempre la medesima e precisamente, quella corrispondente alla frequenza propria del risonatore, per cui, ferme restando le condizioni di lavoro, variava la lunghezza d'onda misurata, cambiando il risonatore. Il fenomeno, chiamato con espressione poco propria *risonanza multipla*, fu spiegato dal Poincaré. Siccome l'oscillatore di Hertz genera oscillazioni molto smorzate, ec-

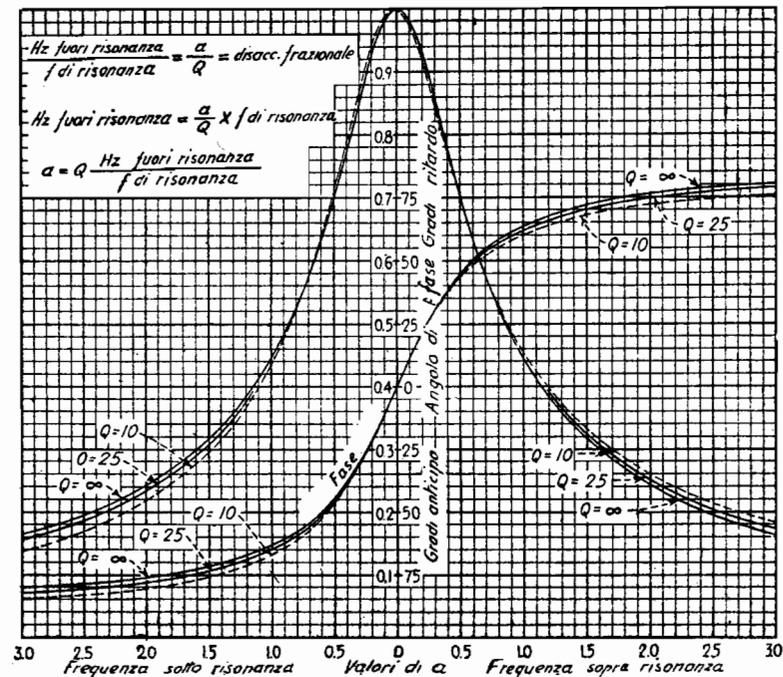


Fig. 5 - Curve universali di risonanza (Terman).

mento elastico e questo, scaricandosi, imprime una certa velocità all'elemento inerziale, il sistema è caratterizzato dalla reattanza meccanica complessiva:

$$[1] \quad x_m = \omega m - \frac{I}{\omega c},$$

essendo ω la pulsazione delle oscillazioni di cui il sistema può essere sede. Poiché la reattanza di massa, espressa dal primo termine del secondo membro, aumenta all'aumentare di ω , mentre la reattanza di cedevolezza, espressa dal secondo termine, diminuisce all'aumentare di ω , esisterà una pulsazione ω_0 , chiamata *pulsazione di risonanza* in corrispondenza della quale si ha:

$$[2] \quad \omega_0 m - \frac{I}{\omega_0 c} = 0,$$

$$[3] \quad \omega_0^2 = \frac{I}{m c};$$

il sistema meccanico entrerà allora in *risonanza* e potrà essere sede di oscillazioni libere di pulsazione ω_0 che, facendo astrazione dalle perdite (attrit, resistenza del mezzo) dure-

cita il risonatore (poco smorzato), a oscillare « per impulso », secondo il proprio periodo di risonanza (oscillazioni libere). Il risonatore

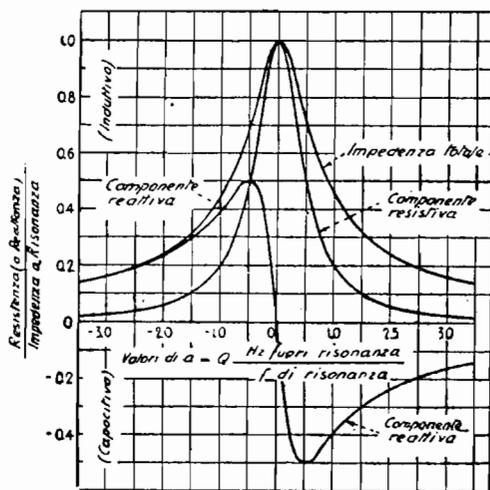


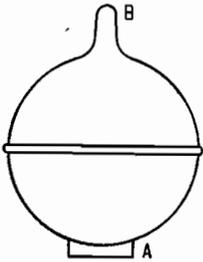
Fig. 6 - Curve universali mostranti le componenti resistive e reattive dell'impedenza di un circuito risonante ad alto fattore di merito, in funzione della frequenza (Terman).

sarà soggetto a un primo impulso, in corrispondenza dell'onda diretta, e a un secondo impulso, in corrispondenza dell'onda riflessa. Se fra impulso e impulso, il numero di periodi del risonatore è intero, i due impulsi saranno in fase e verrà rivelato un ventre dell'onda, mentre verrà rivelato un nodo, se gli impulsi sono in opposizione di fase.

RISONATORE. || R. ACUSTICO [*acustica*].

Un oscillatore acustico, ossia, un sistema capace di vibrare acusticamente con frequenza propria f_0 , è anche un *risonatore acustico* poichè, quando viene colpito da onde sonore di frequenza f_0 , entra in risonanza (*v. RISONANZA ACUSTICA*), con conseguente annullarsi della reattanza acustica complessiva. Il risonatore è allora sede di oscillazioni libere. I risonatori acustici possono venire impiegati sia per aumentare l'ampiezza delle oscillazioni di un oscillatore, sia per effettuare misure di frequenza. Non esiste differenza

sostanziale fra oscillatore e risonatore se non in riferimento alla utilizzazione dei medesimi. Un risonatore acustico classico, è il *risonatore di Helmholtz* (figur) costituito da uno sferoide cavo di ottone in lastra e a pareti rigide, dotato di una imboccatura *A* e di una piccola apertura *B* da adattarsi all'orecchio dello sperimentatore. La frequenza di risonanza è ben determinata e invariabile, per cui, volendo operare su diverse frequenze, è necessario disporre di diversi risonatori. Ricordiamo pure i *risonatori di Koenig* a frequenza variabile, costituiti da due cilindri rientranti in modo da rendere variabile il volume d'aria conte nuto e, quindi, la frequenza di risonanza; *v. anche RISONANZA ACUSTICA. || R. CAVO: v. le voci RISONANZA ACUSTICO e RISONATORE ELETTROMAGNETICO CAVO. || R. DI CORRENTE: v. RISONATORE SERIE. || R. DI TENSIONE: v. RISONATORE PARALLELO. || R. ELETTTRICO: v. le voci OSCILLATORE ELETTTRICO; RISONATORE PARALLELO e RISONATORE SERIE.*



Risonatore di Helmholtz.

recchio dello sperimentatore. La frequenza di risonanza è ben determinata e invariabile, per cui, volendo operare su diverse frequenze, è necessario disporre di diversi risonatori. Ricordiamo pure i *risonatori di Koenig* a frequenza variabile, costituiti da due cilindri rientranti in modo da rendere variabile il volume d'aria conte nuto e, quindi, la frequenza di risonanza; *v. anche RISONANZA ACUSTICA. || R. CAVO: v. le voci RISONANZA ACUSTICO e RISONATORE ELETTROMAGNETICO CAVO. || R. DI CORRENTE: v. RISONATORE SERIE. || R. DI TENSIONE: v. RISONATORE PARALLELO. || R. ELETTTRICO: v. le voci OSCILLATORE ELETTTRICO; RISONATORE PARALLELO e RISONATORE SERIE.*

R. ELETTROMAGNETICO CAVO. Un *risonatore elettromagnetico cavo* (*oscillatore a cavità* o, anche, *cavità risonante*) è costituito da un certo volume di materiale isolante, caratterizzato dalle costanti assolute magnetica e dielettrica μ ed ϵ , racchiuso da una superficie conduttrice. Un caso partico-

lare e diffusissimo, consiste nell'essere il materiale isolante limitato dalla superficie conduttrice, l'aria e, appunto questo caso, giustifica i termini di «cavo» e «cavità». Se, con un artificio qualsiasi, si stabilisce in un punto interno alla superficie conduttrice, una origine di perturbazioni elettromagnetiche, da questo punto si irradiano onde elettromagnetiche che, riflesse successivamente dalla superficie chiusa, determinano lo stabilirsi di interferenze, dipendentemente dalla forma della superficie conduttrice e dalle sue caratteristiche fisiche, dalla forma e dalla posizione dell'elemento eccitatore e dal valore della frequenza. In corrispondenza di valori ben definiti di questo ultimo parametro, poi, si hanno distribuzioni stazionarie di c.e.m., per cui si può parlare di *frequenze di risonanza* del risonatore elettromagnetico cavo in cui le componenti elettrica e magnetica del c.e.m. assumono configurazioni analoghe a quelle che caratterizzano la distribuzione di dette componenti in una GUIDA D'ONDE (*v.*). Anche in un risonatore cavo, si ha una *frequenza di taglio* (o *frequenza critica*), che si suole indicare con f_0 , e che rappresenta la frequenza di risonanza di minor valore. È però necessario tenere presente che, contrariamente a quanto si verifica in un circuito a costanti distribuite (linea), nel caso del risonatore cavo, la successione delle varie frequenze di risonanza non avviene secondo relazioni armoniche reciproche, in quanto non vi è corrispondenza fra i numeri semplici e i valori di successive frequenze di risonanza. Non sarà quindi possibile contrassegnare, nel caso dei risonatori cavi, le varie frequenze con le denominazioni di fondamentale, seconda, terza... ecc. armonica. Questo fatto, che può anche apparire scomodo sotto certi punti di vista, è, invece, generalmente vantaggioso in quanto evita oscillazioni spurie più facili a sorgere, quando vi è possibilità di risonanza armonica. Anche per i risonatori elettromagnetici cavi, è definibile un fattore di merito, come per i circuiti oscillatori comuni. Esso è espresso dalla relazione generica:

$$[1] \quad Q = \frac{\text{energia immagazzinata}}{\text{energia persa per ogni ciclo}}$$

I risonatori cavi possono sostituire con vantaggi tutt'altro che trascurabili, nel caso delle frequenze estremamente alte, i comuni circuiti oscillatori a costanti concentrate (*LC* in parallelo) o a costanti distribuite (linee). Un risonatore cavo, nei confronti di un oscillatore d'altro tipo, è caratterizzato da un fattore di merito Q , definito dalla [1], assai elevato, poichè l'irradiazione di energia è praticamente nulla e lo smorzamento delle oscillazioni è determinato solo dall'assorbi-

mento di energia da parte della superficie conduttrice, in cui si determinano delle correnti parassite, con conseguente sviluppo di calore per effetto Joule.

Una qualsiasi guida d'onde, chiusa in corrispondenza di entrambi gli estremi con pareti conduttrici, costituisce un risonatore elettromagnetico cavo, caratterizzato da lunghezza d'onda (in riferimento alla velocità di fase) doppia della distanza che separa le due pareti di chiusura. Nel caso della guida d'onda rettangolare, per esempio, si parta dalla relazione [19], che compare alla voce GUIDA D'ONDE, b) e che trascriviamo:

$$[2] \quad \beta = \sqrt{\omega^2 \varepsilon \mu - \frac{\pi^2}{b^2}},$$

e che definisce la costante di fase (o di lunghezza d'onda). Essendo:

$$[3] \quad c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}},$$

dove c è la velocità di propagazione delle o.e.m. nel vuoto, si ha:

$$[4] \quad \beta = \sqrt{\frac{\omega^2}{c^2} - \frac{\pi^2}{b^2}}.$$

Poichè si ha {v. relazione [21], sempre alla voce GUIDA D'ONDE, b)}:

$$[5] \quad \lambda = \frac{2\pi}{\beta},$$

essendo λ la lunghezza d'onda nella guida (relativa alla velocità di fase), si ha, per la [4]:

$$[6] \quad \lambda = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\omega^2}{c^2} - \frac{\pi^2}{b^2}}}.$$

Essendo poi:

$$\omega = 2\pi \frac{c}{\lambda'},$$

da cui:

$$\frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda'},$$

dove λ' è la lunghezza d'onda relativa al vuoto (e, praticamente, anche all'aria), essendo $\lambda' < \lambda$, si ha, in base alla [6]:

$$[7] \quad \lambda = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{4\pi^2}{\lambda'^2} - \frac{\pi^2}{b^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\lambda'^2} - \frac{1}{4b^2}}}.$$

Ora, moltiplicando numeratore e denominatore della [7] per c , si ottiene:

$$\lambda = \frac{c}{\sqrt{\frac{c^2}{\lambda'^2} - \frac{c^2}{4b^2}}},$$

relazione che, tenendo conto della notissima formula che lega la frequenza alla lunghezza d'onda e della [18] che compare alla voce GUIDA D'ONDA, b), diviene:

$$[8] \quad \lambda = \frac{c}{\sqrt{f^2 - f_0^2}},$$

dove f è la frequenza corrispondente alla λ' e f_0 la frequenza di taglio. Ora, immaginando che la distanza che separa le due pareti che chiudono la guida, sia l , si determinino nuove condizioni al contorno che, per essere soddisfatte, esigono che sia:

$$\lambda = 2 \frac{l}{n},$$

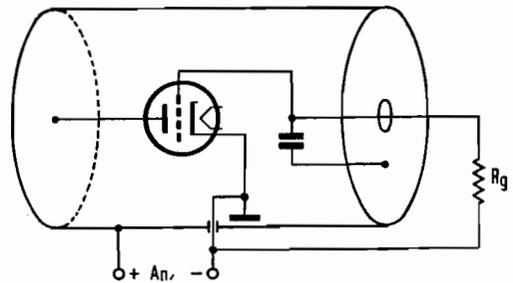
essendo $n = 1, 2, 3, \dots$. Di conseguenza, le varie frequenze di risonanza, per i diversi valori di l e di n , saranno desumibili dalla relazione:

$$[9] \quad f_r = \sqrt{\left(\frac{cn}{2l}\right)^2 + f_0^2}.$$

Ovviamente, per ogni configurazione geometrica, esiste un diverso procedimento per giungere a una relazione sul tipo della [9]. Il caso da noi considerato è uno dei più semplici e, per casi più complessi, rimandiamo ai trattati specializzati.

In figura è rappresentato schematicamente, a titolo di esempio, un generatore a triodo, utilizzando un risonatore elettromagnetico cavo di forma cilindrica.

Nella tecnica elettronica moderna è assai diffuso l'impiego di risonatori elettromagnetici cavi, incorporati nei tubi termoelettronici, destinati a funzionare in corrispondenza di frequenze assai elevate [v. per esempio, le voci KLYSTRON; MAGNETRON, c), 3) e RESNATRON].



Generatore a triodo con risonatore e. m. cavo.

R. MECCANICO [*meccanica*]. Un oscillatore meccanico, ossia, un sistema capace di vibrare meccanicamente con frequenza propria f_0 , è anche un *risonatore meccanico*, poiché, quando viene colpito da onde sonore di frequenza f_0 , entra in risonanza (v. RISONANZA MECCANICA), con conseguente annullarsi della reattanza meccanica complessiva. Il risonatore è allora sede di oscillazioni libere (massima ampiezza di oscillazione). || **R. PARALLELO**. Risonatore elettrico, composto da un induttore, un condensatore e un resistore posti tutti in parallelo. Fa parte della categoria più generale dei *risonatori di tensione*, in quanto una alimentazione a corrente costante dà luogo, in corrispondenza della pulsazione di risonanza, a un massimo di tensione. || **R. SERIE**. Risonatore elettrico composto da un induttore, un condensatore e un resistore posti tutti in serie. Fa parte della categoria più generale dei *risonatori di corrente*, in quanto una alimentazione a tensione costante dà luogo, in corrispondenza della pulsazione di risonanza, a un massimo di corrente.

RISPOSTA. È un termine generico, spesso impiegato in radiotecnica e, in particolare, in elettroacustica ed esprime, in sostanza, l'attitudine di un trasduttore o di una apparecchiatura in genere, a svolgere le mansioni che le sono affidate. In generale, quando si parla di *risposta* di un sistema, ci si riferisce al suo comportamento, in corrispondenza delle diverse frequenze della tensione e della corrente che nell'apparecchiatura sono in gioco. Per questo motivo la curva di frequenza, viene anche chiamata *curva di risposta alle varie frequenze*. Nella tecnica e, particolarmente nell'esercizio delle radiocomunicazioni, con particolare riguardo alla radiodiffusione ed alla televisione, riveste importanza un controllo periodico e frequente della risposta delle catene di amplificatori e trasduttori cui le trasmissioni sono affidate (v. anche la voce LIVELLO-FREQUENZA, CURVA —). || **RADAR A** —: v. RADAR PRIMARI e RADAR SECONDARI. || **R. ALLA CHIAMATA DI UNA STAZIONE**: v. CHIAMATA DI UNA STAZIONE e RISPOSTA ALLA — DI UNA STAZIONE.

RISULTANTE [*matematica*]. Dato un sistema di più vettori, chiamasi *risultante* il vettore determinato dalla somma geometrica dei vettori dati, ossia, il vettore rappresentato dal lato che chiude la spezzata formata con i vettori dati.

RITARDAZIONE, METODI DI —: v. SEGRETO, IL — NELLE RADIOCOMUNICAZIONI, b), 3).

RITARDO. || **R. DI FASE**. In un circuito caratterizzato dall'impedenza Z e percorso da

una corrente alternata, si ha uno sfasamento fra le onde di corrente e le onde di tensione che in esso i propagano. Questo sfasamento viene espresso quantitativamente dall'ANGOLO DI FASE (*v.*). Secondo che la componente immaginaria di Z è positiva (reattanza induttiva) o negativa (reattanza capacitiva), sarà la corrente che ritarda rispetto alla tensione, o viceversa. Nel primo caso si dice che vi è *ritardo di fase* della corrente rispetto alla tensione, nel secondo, della tensione rispetto alla corrente. Se la reattanza capacitiva e induttiva coincidono in valore (assoluto), i loro effetti si elidono mutuamente, non si ha sfasamento fra le due grandezze alternative, e l'angolo di fase sarà nullo. Il concetto di ritardo di fase viene introdotto non solo in riferimento alle oscillazioni di corrente e di tensione, ma anche in riferimento ad un qualsiasi sistema di due oscillazioni coesistenti e confrontabili nel tempo e, naturalmente, anche nei sistemi meccanici e derivati, fra oscillazioni di forza e di velocità. || **R. DI SCINTILLA**. Applicando a uno spinterometro una certa d.d.p. di valore coincidente in valore col valore del potenziale esplosivo, scocca fra gli elettrodi del medesimo, la scintilla. Se detto potenziale viene applicato durante un tempo molto breve, affinché la scintilla possa scoccare, è necessario aumentarne il valore. Ciò dipende dal fatto che la scintilla scocca con un certo ritardo, rispetto all'istante in cui il potenziale viene applicato. Al fenomeno spetta il nome di *ritardo di scintilla*.

RITENTIVA. Sinonimo di *rimanenza magnetica*; v. MAGNETIZZAZIONE, VETTORE —.

RIVELATORE: v. RIVELAZIONE. || **R. DI ROTTA** [*radioassistenza*]: v. le voci RADIOINDICATORE DI ROTTA e RADIOASSISTENZA.

RIVELATRICE, VALVOLA —: RIVELAZIONE.

RIVELAZIONE. Un'onda modulata è caratterizzata dal fatto che uno dei parametri che la definiscono, varia in funzione della funzione modulante. Il processo che permette di separare la modulazione dall'onda portante, chiamasi *rivelazione* o, con voci meno appropriate, *demodulazione* o *detezione*. In riferimento alla modulazione di frequenza, in luogo di rivelazione, si parla di *discriminazione* [*v. MODULAZIONE, c)*]. Comunque, relativamente a detto argomento, v. pure la voce RIVELAZIONE DI SEGNALI MODULATI DI FREQUENZA. Per quanto, invece, concerne segnali modulati di fase, v. RIVELAZIONE DI SEGNALI MODULATI DI FASE.

a) *GENERALITÀ*. La rivelazione di un sistema di oscillazioni modulate in ampiezza,

consiste nello sfruttare la disimmetria di comportamento di un determinato sistema cui il segnale da rivelare viene applicato nei confronti delle semionde di segno contrario, che costituiscono il segnale stesso. Il circuito dell'utilizzatore che segue il rivelatore sarà sede di una certa corrente rivelata, caratterizzata dall'essere l'ampiezza delle semionde di un segno superiore a quella delle semionde di segno opposto (potendo quest'ultima, anche essere nulla). Il sistema utilizzatore potrà essere disposto in serie o in parallelo al rivelatore, dipendentemente dalle necessità di adattamento di impedenza.

La rivelazione può effettuarsi con deformazione o senza della semionda non attenuata. Nel primo caso, si parla di *rivelazione non lineare*, mentre si parla, nel secondo caso, di *rivelazione lineare*.

Un diagramma ottenuto riportando in un sistema di assi cartesiani la tensione V , applicata all'ingresso del rivelatore, in ascissa e in ordinata, la corrente I nel sistema utilizzatore, ossia, la curva di equazione:

$$I = f(V),$$

si chiama *curva caratteristica di rivelazione* o, semplicemente, *caratteristica di rivelazione*. In fig. 1, nel sistema cartesiano di origine $O(V, I)$, è rappresentata la caratteristica di rivelazione di un rivelatore, mentre, nel sistema di origine $O'(V, t)$, è rappresentato il

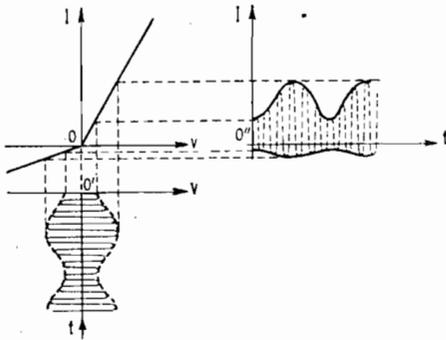


FIG. 1 - Diagrammi di rivelazione.

diagramma del segnale da rivelare. Il diagramma del segnale rivelato è, invece, riportato dal sistema cartesiano di origine $O''(t, I)$. Se la corrente I viene fatta scorrere in un trasduttore elettroacustico, magari previa amplificazione, essendo la frequenza modulante di ordine acustico e quella modulata di ordine radioelettrico, la presenza della seconda non perturba minimamente l'ascolto della prima. Il caso di fig. 1 è un caso particolare, in cui il punto di discontinuità di inclinazione della curva caratteristica, coincide con O , in quanto il punto di di

simmetria, corrisponde allo zero della tensione applicata. Qualora ciò non fosse (v. fig. 2), è necessario applicare al rivelatore un potenziale base di polarizzazione V_P destinato a portare il punto di lavoro, ossia lo zero della

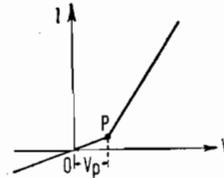


FIG. 2 - Caratteristica di rivelazione lineare.

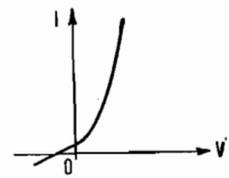


FIG. 3 - Caratteristica di rivelazione non lineare.

tensione oscillante applicata, a coincidere col punto P . In fig. 3 è invece rappresentata la caratteristica di rivelazione di un rivelatore non lineare. Rivelatori di questo tipo, introducono distorsione. A proposito di questi, ricordiamo il caso particolare della rivelazione quadratica (oggi non più usata a causa della forte distorsione) in cui il segnale di uscita è proporzionale al quadrato del valore efficace del segnale applicato.

b) DIVERSI TIPI DI RIVELATORI.

1) *Rivelatori a cristallo*. Ponendo a contatto determinati cristalli tra loro o con elettrodi metallici, si ottengono sistemi caratterizzati da conduttanza asimmetrica, capaci quindi di creare disimmetria di ampiezza nelle semionde d'opposto segno, costituenti un sistema di oscillazioni di tensione a essi applicato. Si tratta quindi di rivelatori. Ricordiamo prima di tutto, per la sua maggiore diffusione, il rivelatore costituito dal contatto *galena-acciaio*. Su di un cristallo di galena (solfo di piombo), appoggia dolcemente (con pressione trascurabile), una punta di acciaio (talvolta, l'acciaio è sostituito dal bronzo) il tutto disposto in un apposito portacristallo regolabile. Il contatto di acciaio è costituito da una spirulina metallica, chiamata *bafo di gatto*, regolabile in posizione e pressione, mediante una manopolina. Il tutto è generalmente racchiuso in un tubetto di vetro, che protegge il sistema dalla polvere. La curva caratteristica di un rivelatore a galena è rappresentata in fig. 4 ed è visibile come il punto di lavoro coincida con lo zero del sistema di riferimento, per cui, un rivelatore di questo tipo, non richiede un potenziale base di polarizzazione. In luogo della galena, può venire pure impiegata la *blenda* (solfo di zinco), a scapito però della sensibilità.

D un andamento della curva di rivelazione simile a quello della curva di fig. 4, è caratterizzato il rivelatore a contatto *bornite-zincite*, essendo la prima un solfuro di rame e ferro e la seconda, un ossido di zinco.

Anche questo rivelatore, non richiede quindi potenziale base di polarizzazione.

Il *carboru dum*, composto artificiale di carbonio e silicio, viene impiegato come rivelatore, a contatto con acciaio. In questo caso, il contatto deve essere molto stabile ed è necessaria una elevata pressione dell'acciaio sul carborundum. La curva caratteristica di

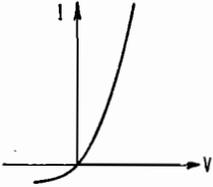


FIG. 4 - Caratteristica di rivelazione del rivelatore a galena.

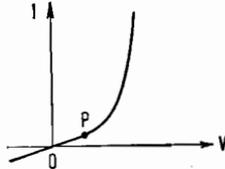


FIG. 5 - Caratteristica di rivelazione del rivelatore a carborundum.

rivelazione è rappresentata in fig. 5. Come si vede, il punto di lavoro *P* è spostato, rispetto al punto *O*, per cui è necessario un potenziale base di polarizzazione, sovrapposto al segnale da rivelare, dell'ordine di qualche volt. Oltre ai principali rivelatori a cristallo cui abbiamo fatto cenno, ricordiamo anche, malgrado la loro scarsa importanza, la *pirite* e la *marcassite* (solfuri di ferro), la *calcopirite* e la *bornite* (solfuri di rame), la *molibdenite* (solfuro di molibdeno), la *cuprite* (ossido di rame), la *cerusite* (carbonato di piombo), il *tellurio*, il *silicio* cristallizzato, ecc.

Ricordiamo pure il *perikon*, ottimo rivelatore a elevata resistenza, ottenuto dal contatto della zincite con bornite e calcopirite.

In fig. 6, è schematizzato il circuito di un piccolo radiorecettore con rivelatore a cristallo, non richie-

dente potenziale base di polarizzazione, mentre in fig. 7 è il circuito di un radiorecettore a rivelatore polarizzato. Oggi è assai diffuso l'impiego del *germanio*, relativamente al quale *v. GERMANIO, RETTIFICATORE A CRISTALLO DI —.*

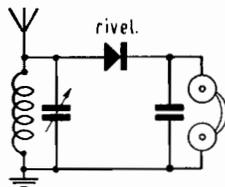


FIG. 6 - Circuito di un radiorecettore con rivelatore a cristallo non polarizzato.

2) *Rivelatori metallici o a strato di sbarramento.* Ricordiamo il rivelatore a ossido di rame, la cui importanza è però molto secondaria in quanto, alle frequenze molto elevate, presenta una reattanza bassa a causa della eleva a capacità distribuita, che può persino annullare la proprietà raddrizzante. Una lamina di rame *C* (fig. .), ricoperta su una faccia sola da uno strato di *ossido rameoso* (*ossidulo di rame* o *rame rosso* o *cuprite*) *O* di formula chimica Cu_2O , viene mantenuta

fra due elettrodi *A B*. Il tutto costituisce un sistema a conduttanza asimmetrica, il cui senso preferito è indicato in figura. Per com-

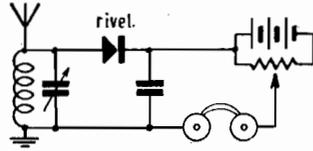


FIG. 7 - Circuito di un radiorecettore con rivelatore a cristallo polarizzato.

battere la capacità, è necessario che le dimensioni dell'iniezione siano assai ridotte e l'impiego di rivelatori a strato di sbarramento deve essere limitato a frequenze inferiori a 500 kHz; *v. anche STRATO, ELEMENTO A — DI SBARRAMENTO.*

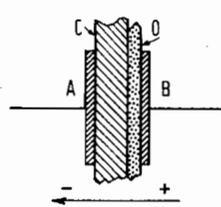


FIG. 8 - Rivelatore metallico.

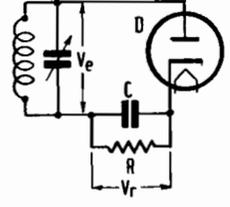


FIG. 9 - Circuito di utilizzazione di un diodo rivelatore.

3) *Tubi termoelettronici rivelatori.* Il *diodo* è il conduttore asimmetrico per eccellenza. La caratteristica di rivelazione del diodo, purchè non ci si avvicini alla saturazione, è praticamente rettilinea, per cui è garantita buona fedeltà nella riproduzione della funzione modulante. Per dati relativi alla sua costituzione, rimandiamo alla voce *DIODO*. In figura 9 è schematizzato, in linea di massima il circuito di impiego. La tensione modulata da rivelare V_e , viene applicata fra anodo e catodo del diodo *D*. In serie al circuito, si trova il gruppo costituito dal resistore *R* e dal condensatore *C*, disposti in parallelo fra di loro. Ai terminali di *R* è utilizzabile la

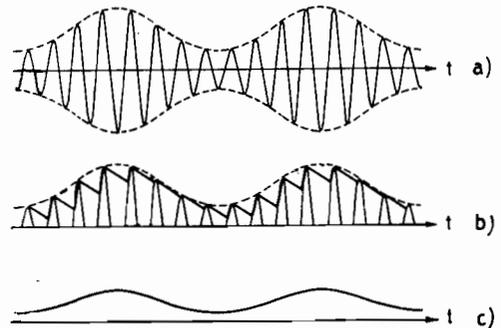


FIG. 10 - Diagrammi relativi alla rivelazione a diodo.

tensione rivelata V_r . Il condensatore C ha il compito di lasciar passare la componente alternativa presente a causa della capacità interna del tubo e delle perdite varie. In corrispondenza di ogni picco positivo della tensione oscillante a radiofrequenza, il condensatore C si carica, raggiungendo un potenziale leggermente inferiore a quello di cresta, a causa della sia pur lieve caduta di potenziale dovuta alla resistenza interna del tubo. Fra semionda e semionda, C inizia a scaricarsi attraverso la R e il potenziale alle armature scende fino a un certo valore, finché la semionda successiva, non inizia una nuova carica. Queste variazioni periodiche, pur manifestandosi ai terminali di R ,

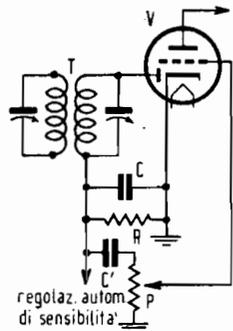


Fig. 11 - Circuito per la rivelazione a diodo.

tubo disposti in parallelo. Il rapporto V_r/V_e si chiama *coefficiente di efficienza* del circuito rivelatore in esame o, semplicemente, *efficienza* del medesimo. Il suo valore aumenta, aumentando la R , nei confronti della resistenza interna del diodo.

Se venisse ommesso il resistore R , il condensatore si caricherebbe senza potersi scaricare, determinando una polarizzazione negativa dell'anodo, rispetto al catodo, con conseguente disensibilizzazione del rivelatore.

Affinchè C si possa scaricare con sufficiente rapidità, anche in corrispondenza delle frequenze (di ordine acustico) più elevate della funzione modulante ($\approx 10\,000$ Hz), è necessario che la costante di tempo τ , sia:

$$\tau = RC \leq T_m,$$

essendo T_m il periodo corrispondente alla frequenza di modulazione più elevata. L'ordine di grandezza di R , nei comuni radioricevitori è di $100\,000 \Omega$ e, a questo valore, corrisponde un coefficiente di efficienza dell'80%.

Inoltre, per evitare una eccessiva riduzione della tensione utile, dovuta alla eccessiva scarica del condensatore, se T_P è il periodo corrispondente alla minore frequenza della portante (500 kHz, per la gamma delle onde medie), deve essere:

$$RC \gg T_P.$$

Graficamente, quanto abbiamo esposto, è rappresentato in fig. 10, dove a) è l'andamento della tensione modulata da rivelare, b) la tensione rivelata, essendo la curva

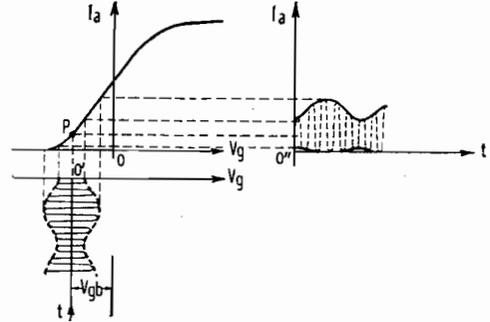


Fig. 12 - Diagrammi relativi al funzionamento di un triodo rivelatore per caratteristica di placca.

seghettata, la tensione ai terminali di R e C . Infine, in c), è l'andamento della tensione utile.

Un circuito rivelatore correntemente impiegato nei radioricevitori del commercio, è schematizzato in figura 11. T è il trasformatore di mediafrequenza e V un tubo multiplo, nel nostro caso, un diodo-triodo, che serve sia per la rivelazione (sezione diodo), sia per l'amplificazione in audiofrequenza. C e R costituiscono il gruppo, di cui allo schema di fig. 9. All'estremo di detto gruppo non collegato a ma , viene prelevata la

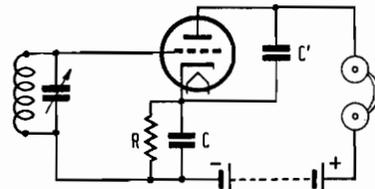


Fig. 13 - Circuito di un triodo rivelatore a caratteristica di placca.

tensione rivelata che, attraverso il condensatore di trasferimento C' , viene applicata al potenziometro P' , al cui cursore fa capo la griglia di controllo della sezione triodo del tubo V . Prima del condensatore C' , viene pure prelevata la tensione rivelata che, previo fil raggio, viene utilizzata a per la regolazione automatica della sensibilità.

Anche il *triode* può venire utilizzato per la rivelazione, secondo due differenti principi di funzionamento chiamati, rispettivamente, *a caratteristica di placca* e *a caratteristica di griglia*. Accenniamo al primo caso. Nel sistema di assi cartesiani di origine O (fig. 12), è riportata la curva caratteristica mutua di un triodo, ossia la curva rappresentativa della funzione:

$$I_a = f(V_g),$$

dove I_a è la corrente anodica e V_g la tensione di griglia. Se a questo elettrodo viene applicata la tensione oscillante modulata, rappresentata graficamente nel sistema cartesiano di origine O' , essendo a essa sovrapposto un potenziale base costante V_{gb} , tale da portare il punto di lavoro P , assai vicino al ginocchio inferiore della curva, il funzionamento di simmetrico del tubo, a causa della non linearità della curva caratteristica, determinerà una considerevole disimmetria nell'andamento della corrente anodica, tale da renderlo come quello rappresentato graficamen-

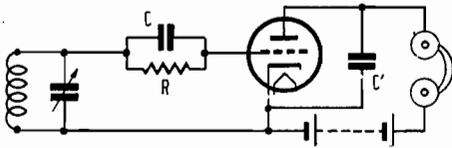


FIG. 14 - Circuito di un triodo rivelatore a caratteristica di griglia.

te, sempre in fig. 12, in riferimento al sistema di origine O'' . Le oscillazioni modulate sono quindi state rivelate. Il circuito di impiego di un triodo rivelatore a caratteristica di placca, non presenta nulla di particolare ed è illustrato in fig. 13. Il gruppo di polarizzazione RC , ha il compito di portare il punto di funzionamento del tubo in prossimità del ginocchio inferiore della curva caratteristica. Il condensatore C' serve a fugare il residuo di corrente oscillante a RF. La rivelazione a caratteristica di placca sfrutta quindi la non linearità della curva caratteristica mutua del triodo e si addice a segnali da rivelare di ampiezza relativamente elevata.

In fig. 14 è, invece, schematizzato il circuito di impiego di un triodo rivelatore a *caratteristica di griglia*. In questo caso, alcuni Autori parlano di rivelazione per *falla di griglia*. La griglia e il catodo del tubo, costituiscono un diodo rivelatore, di cui il gruppo RC rappresenta il carico. La tensione rivelata, risulta così applicata fra griglia e catodo del tubo, che funziona anche da triodo amplificatore. Oggi la rivelazione a caratteristica di griglia, un tempo assai diffusa, è usata solamente in piccoli ricevitori monovalvolari a reazione e, in generale, quando il segnale da rivelare è poco ampio (assenza di amplificazione RF). Come rivelatori a caratteristica di griglia, sono indicati triodi a basso potenziale di interdizione, funzionanti con tensione anodica di 40÷100 V. C' è il solito condensatore di fuga della RF, che può anche essere sostituito dualmente da una impedenza in serie al circuito anodico.

R. DI SEGNALI MODULATI DI FASE. Modulazione di fase e modulazione di frequenza coin-

cidono, in corrispondenza di identiche frequenze modulanti e di indici di modulazione coincidenti: i due spettri di frequenza, nei due casi, sono infatti perfettamente uguali, quindi, in linea di massima, i segnali modulati di fase possono essere rivelati utilizzando gli stessi sistemi usati per la rivelazione, nel caso della modulazione di frequenza (v. le voci DISCRIMINATORE; FREMODINA, ADATTATORE — e RIVELAZIONE DI SEGNALI MODULATI DI FREQUENZA). Tuttavia è necessario tenere presente che, nei due casi, l'indice di modulazione varia con legge differente al variare della frequenza che caratterizza la funzione modulante. Per questo motivo, per rivelare segnali modulati di fase con un sistema rivelatore per segnali modulati di frequenza, è necessario utilizzare, a valle di questo, una rete di correzione, capace di fornire all'uscita un segnale di ampiezza inversamente proporzionale alla frequenza modulante, e questo per combattere la distorsione. Infatti, mentre nella modulazione di frequenza, l'indice di modulazione è inversamente proporzionale alla frequenza caratterizzante la funzione modulante, nel caso della modulazione di fase, esso è indipendente da detta frequenza. Tuttavia, quando l'indice di modulazione è basso, si può osservare che, l'unica differenza fra un segnale modulato di ampiezza e un segnale modulato di fase (o, anche, di frequenza), consiste in uno sfasamento di 90° fra portante e bande laterali. Ecco quindi che, in tale caso, il segnale può essere rivelato con uno dei soliti sistemi utilizzabili nel caso della modulazione di ampiezza, purché si sia provveduto prima ad annullare la portante, sostituendola con un'altra prodotta localmente, ma sfasata di 90° . || **R. DI SEGNALI MODULATI DI FREQUENZA.** La rivelazione di segnali modulati di frequenza viene ottenuta utilizzando circuiti capaci di trasformare variazioni di frequenza di una tensione oscillante di ingresso, in una tensione variabile di uscita. Questi circuiti sono noti sotto il nome di *discriminatori* (v. DISCRIMINATORE), mentre, un altro sistema di rivelazione è descritto alla voce FREMODINA, ADATTATORE —, cui pure rimandiamo. Oltre ai sistemi trattati sotto le voci di cui ai rinvii precedenti, ricordiamo pure il tubo Philips EQ40 della serie Rimlock (identico al tubo EQ80). È un tubo a nove elettrodi: catodo anodo e sette griglie. La griglia g_1 viene generalmente collegata al catodo. Le griglie g_3 e g_5 sono due griglie di controllo, mentre l'insieme delle griglie g_2 , g_4 e g_6 , costituisce lo schermo. Infine, g_7 è il soppressore. Gli elettrodi del tubo in oggetto sono polarizzati in modo che sia possibile, agendo anche su una sola delle due griglie di controllo, annullare la corrente ano-

dica o portarla al suo valore massimo [definito da g_1 (a potenziale zero), g_2, g_4 e g_6]. Come si vede dalla figura, l'uscita dello stadio che precede il rivelatore, fa capo al primario di uno speciale trasformatore T , il cui secondario funge, a sua volta, da primario, per un terzo avvolgimento. Sia il primo, sia il secondo, sia il terzo avvolgimento, fanno parte ciascuno di un circuito oscillatorio, e le uscite corrispondenti sono collegate alle due griglie di controllo g_3 e g_5 . Entrambi i circuiti oscillatori, sono accordati sulla frequenza portante del segnale captato e, in assenza di modulazione di questo, le due tensioni applicate alle due griglie, risultano mutuamente in quadratura, con un certo valore del tempo di circolazione della corrente anodica. Se, come avviene nel caso del segnale modulato, la frequenza del segnale captato varia varieranno le relazioni di fase fra le due tensioni applicate alle due griglie, con un aumento o una diminuzione del tempo di circolazione della corrente anodica, dipendentemente dal senso della variazione di frequenza (e, naturalmente, del senso degli avvolgimenti), con conseguente possibilità di utilizzare, all'uscita, un segnale rivelato AF. Il resistore R ha il compito di assegnare al secondo circuito oscillatorio un fattore Q per cui, sfasamenti eccessivi, introducano distorsione (in quanto, in corrispondenza di sfasamenti superiori ai 15° , gli sfasamenti stessi non sono più proporzionali alla deviazione di frequenza). Ai tubi EQ40 ed EQ80, viene assegnato il nome di *enneodi*.

RIVERBERANTE, AMBIENTE — [acustica architettonica]. Ambiente caratterizzato da elevato tempo di riverberazione; v. ACUSTICA ARCHITETTONICA.

RIVERSAMENTO. Registrazione di un programma già registrato, ottenuta accoppiando l'uscita di una apparecchiatura di riproduzione all'ingresso di altra apparecchiatura di registrazione.

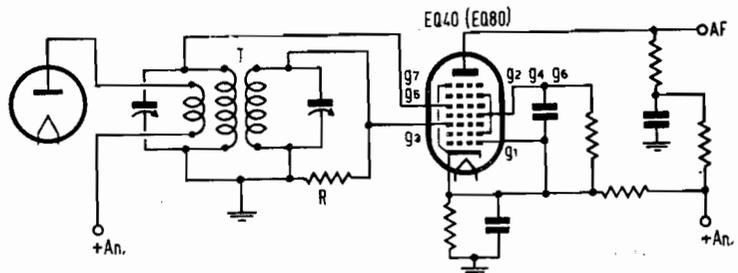
RIVESTIMENTO DEL CATODO: v. CATODO, a).

ROBINSON. || **RADIOGONIOMETRO** —: v. RADIOGONIOMETRIA, b). || **RADIORECEVITORE DI** —: v. STENODO-RADIOSTATO.

ROCARD-MARIQUE, IPOTESI DI —. Ipotesi secondo la quale, in un diodo, si ammette che, in corrispondenza delle semionde positive, la c.d.p. interna, sia proporzionale

alla corrente nel tubo. Di conseguenza l'andamento della corrente nel diodo durante il periodo di circolazione, risulta essere approssimativamente sinusoidale; v. anche MORECROIT, IPOTESI DI —.

ROCCHETTO DI RUHMKORFF: v. RUHMKORFF, ROCCHETTO DI —.



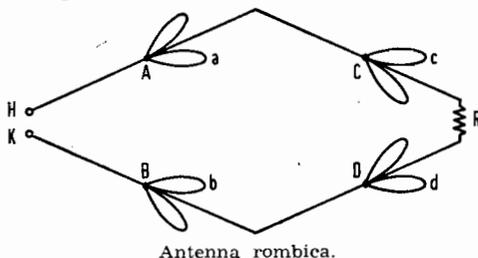
Circuito di impiego del tubo EQ40 (e anche EQ80).

ROCHELLE, SALE DI — [chimica]: v. LA ROCHELLE, SALE DI —.

RODIO [chimica]. Metallo di simbolo chimico Rh , di numero atomico 45 e di peso atomico 102,91. È prezioso e caratterizzato da elevata resistenza meccanica. Essendo praticamente inossidabile, viene utilizzato per il rivestimento degli elettrodi di contatto di interruttori e, specialmente, dei commutatori di gamma delle apparecchiature radioelettriche. La conduttività del rodio è relativamente elevata, essendo essa uguale a circa la metà di quella dell'alluminio.

ROMBICA, ANTENNA —. È un'antenna direttiva a onde progressive. È costituita da un sistema di quattro fili disposti secondo i lati di una losanga parallela al suolo (v. figura). È basata sullo stesso principio dell'antenna a V (v. v. ANTENNA A —), anzi, può essere considerata come una antenna a V con un numero doppio di elementi. I punti H e K sono i terminali dell'antenna. Il resistore non induttivo R deve avere un valore tale da uguagliare l'impedenza caratteristica del sistema, in modo da evitare che sui conduttori si distribuisca un regime stazionario. In figura sono rappresentati i diagrammi polari relativi a ogni elemento, immaginando che ciascun elemento sia concentrato nel relativo punto di mezzo (A, B, C e D). È evidente come i quattro lobi a, b, c e d siano concordi in direzione e senso, determinando una spiccata direzionalità risultante, a un senso predominante. L'elemento essenziale dell'antenna rombica (lato) è un elemento Beverage (v. BEVERAGE, ANTENNA —). L'antenna rombica, essendo a onde progressive, è un'antenna aperiodica e può quindi funzionare su tutte le frequenze, purché sia sempre verifi-

cata la condizione che la lunghezza di un lato sia almeno due volte la lunghezza d'onda. Il guadagno di un'antenna rombica, rispetto a un'antenna marconiana, nella direzione e nel senso preferiti, è di circa 30 dB.



Antenna rombica.

RONZATORE: v. CICALINA.

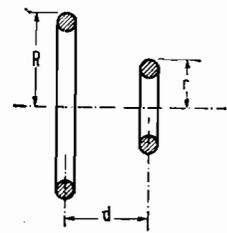
RONZIO. Si chiama *ronzio* un caratteristico disturbo a frequenza acustica e di tono piuttosto basso che accompagna e che, se è molto intenso, può anche coprire i suoni provenienti da un trasduttore elettroacustico. Questo disturbo è, per lo più, dovuto alla alimentazione in corrente alternata e la frequenza che caratterizza il ronzio è doppia della frequenza relativa alla corrente di alimentazione, in quanto si ha uno spostamento nel medesimo senso del sistema mobile del tra duttore, sia in corrispondenza delle semionde negative, sia in corrispondenza di quelle positive. Il ronzio che più di frequente si manifesta in un radiorecettore, è determinato dall'avaria di qualche condensatore del filtro di livellamento o all'imperfezione di qualche collegamento. Inconvenienti ai condensatori di livellamento sono assai frequenti, quando que ti sono di tipo elettrolitico. Se l'apparecchio non è stato bene progettato e il ronzio è dovuto a cause, per così dire, congenite, queste possono essere, per esempio, l'impiego di tubi termoelettronici inadatti, in cui la temperatura del catodo segue le variazioni della corrente alternata di accensione (scarsa inerzia termica del catodo) o l'impiego di tubi in cui si verifica l'effetto magnetron (il flusso elettronico è perturbato dal campo magnetico variabile generato dalla corrente di accensione) o, infine, dispersione fra filamento e catodo, se il tubo o i tubi sono a riscaldamento indiretto. Tutto questo, in dipendenza dalle caratteristiche dei tubi. Altre cause possono risiedere nel circuito come, per esempio, l'impiego di tubi a riscaldamento diretto con il ritorno spostato, nei confronti del centro elettrico del filamento. Anche campi magnetici perturbatori dovuti all'alimentazione in alternata e, in particolare, ai trasformatori di alimentazione, possono essere causa di ronzio. Per combattere questi campi è necessario ridurre al minimo i flussi dispersi nei trasformatori e nelle impedenze di filtro, serran-

do bene i pacchi di lamierini. È necessario anche evitare che gli organi induttori si trovino vicini a trasformatori di audiofrequenza, al circuito del fonorilevatore, alla bobina mobile dell'altoparlante, organi questi che sono particolarmente suscettibili a essere influenzati. Inoltre è bene intrecciare tutte le coppie di conduttori percorsi da corrente alternata, affinché il campo creato da ciascun conduttore della coppia venga distrutto dal campo uguale e contrario creato dall'altro. Si osservi che altra causa di ronzio è determinata dall'irradiazione di energia a RF da parte della rete di alimentazione. Tale energia, modulata da frequenza doppia di quella della corrente della rete e captata dal circuito dell'aereo, viene rivelata e amplificata determinando ronzio. Questa irradiazione da parte della alimentazione può verificarsi nel caso in cui la rettificazione venga affidata a tubi a vapori di mercurio ed è determinata da eccitazione per impulso, in corrispondenza delle punte di corrente, di circuiti oscillatori accidentali. Più raramente, è l'energia stessa del trasmettitore su cui il radiorecettore è accordato, che può influenzare per cause varie l'alimentatore, dal quale viene modulata e irradiata di nuovo. Gli inconvenienti determinati da irradiazione da parte dell'alimentatore vengono evitati disponendo fra un conduttore della rete (o fra entrambi) e massa, uno (o due) condensatori da 0,05 ÷ 0,10 μ F, oppure anche in parallelo fra filo e filo di linea.

Dipendentemente dalle diverse cause che determinano il fenomeno, la frequenza che caratterizza il ronzio può essere coincidente con quella della rete, oppure può essere multipla di essa. Anche inserendo bobine di arresto RF in serie al primario del trasformatore di alimentazione (disposizione duale di quella precedentemente accennata, relativa all'impiego di condensatori in parallelo) si possono ottenere buoni risultati. Pure l'inserzione di bobine di arresto RF in serie agli anodi dei diodi raddrizzatori, può essere assai utile, come lo schermaggio fra primario e secondario del trasformatore di alimentazione o la disposizione di condensatori di 5000 pF, fra massa e anodi del tubo raddrizzatore. Ma il disturbo in esame, non solo può essere determinato da cause interne al ricevitore, ma anche da cause esterne, e ciò è più grave, in quanto, non può venire né eliminato né attenuato agendo sul radiorecettore stesso. L'impianto elettrico domestico e gli apparecchi elettrici vari, captano energia a RF della stazione ricevuta, la modulano e la irradiano di nuovo. Il fenomeno è particolarmente sensibile se la linea elettrica è asimmetrica, altrimenti gli effetti dei due

conduttori della rete, essendo uguali e contrari, si elidono mutuamente. Qualche vantaggio può essere ottenuto, disponendo all'uscita del contatore due condensatori da 10.000 ÷ 50.000 pF, fra i due fili della rete e terra. Comunque, sia che le cause di modulazione risiedano nell'interno del ricevitore, sia all'esterno, l'impiego di una ottima antenna esterna con discesa schermata porta un vantaggio notevole che può anche consistere nell'eliminazione completa del disturbo, purché la discesa sia ben fatta. Infine, ricordiamo pure il ronzo sulla portante, determinato dall'andamento non lineare della curva caratteristica dei tubi a RF a pendenza variabile, quando, essendo il livellamento insufficiente, la tensione non perfettamente livellata modula il segnale captato. Questo inconveniente viene eliminato aumentando l'azione filtrante del filtro di spianamento; *v.* anche RUMORE DI FONDO. Il ronzo viene talvolta ridotto utilizzando appositi circuiti compensatori che, introducendo un ronzo a fase e ad ampiezza regolabile, consentono di elidere per opposizione il ronzo nocivo.

ROSA-GLOVER, FORMULA DI —. Serve



Dati geometrici relativi alla formula di Rosa-Glover.

per calcolare la mutua induttanza *M* di due spire parallele e coassiali; con istessa relazione:

[1] $M = k \sqrt{Rr}$,
 essendo *R* e *r* il raggio della spira maggiore e il raggio della spira minore, rispettivamente (*v.* figura).
 La costante *k* va invece ricavata in funzione del valore:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\left(1 - \frac{r}{R}\right)^2 + \frac{d^2}{R^2}}{\left(1 + \frac{r}{R}\right)^2 + \frac{d^2}{R^2}}}$$

essendo *d* la distanza fra i piani delle due spire, come da TABELLA XV.

TABELLA XV
 DATI RELATIVI ALLA FORMULA DI ROSA-GLOVER.

α	<i>k</i>	α	<i>k</i>
0,010	0,05016	0,150	0,01661
0,015	0,04507	0,200	0,01328
0,020	0,04146	0,250	0,01079
0,030	0,03639	0,300	0,00884
0,040	0,03279	0,400	0,00597
0,050	0,03001	0,500	0,00397
0,070	0,02584	0,700	0,00238
0,100	0,02148	0,900	0,00148

La formula [1] può anche venire impiegata nel caso di due bobine, introducendo i raggi medi, osservando che, in tale caso, la *M* andrà moltiplicata per *n*₁ *n*₂ essendo *n*₁ e *n*₂ i numeri delle spire delle due bobine.

ROTARY, ANTENNA —: *v.* ROTATIVA, ANTENNA —.

ROTATIVA, ANTENNA —. Si chiama *antenna rotativa* un'antenna direttiva, montata su un supporto che può essere ruotato a piacere in un piano orizzontale, con lo scopo di irradiare o di captare energia elettromagnetica, secondo una direzione ben definita e, in particolare, secondo un senso privilegiato, nel caso in cui l'antenna sia caratterizzata (come avviene nella quasi totalità dei casi) da un senso preferenziale. Un'antenna direzionale qualsiasi, può essere montata su un supporto girevole, compatibilmente però, con ragioni di carattere meccanico, che limitano la possibilità di ricorrere ad antenne rotative, al caso di frequenze superiori ai 10 ÷ 15 MHz. Il tipo di antenna che più comunemente viene utilizzato come antenna rotativa è l'antenna Yagi (*v.* YAGI, ANTENNA —), a due o più elementi e, in particolare dai radianti, per le bande di frequenza dei 14, 28, 56 e 144 MHz. In fig. 1 è illustrata un'antenna rotativa (IACE), utilizzando due sistemi Yagi, a tre elementi ciascuno: quello superiore per i 28 MHz e, quello inferiore, per i 14 MHz. I due sistemi sono mutuamente ortogonali. In fig. 2, invece, è illustrata l'antenna rotativa di IRO, costituita da due sistemi Yagi, a quattro elementi per i 28 MHz e a tre elementi per i 14 MHz. Il moto viene trasmesso all'asse di supporto che è conveniente sia su cuscinetti a sfere, tramite un qualsiasi mezzo meccanico di trasmissione. Il comando può essere a mano o elettrico. Il comando a mano viene generalmente realizzato mediante un volante che, oltre a consentire la rotazione dell'antenna, aziona un



FIG. 1 - Antenna rotativa Yagi a tre elementi per i 28 MHz e, pure a tre elementi, per i 14 MHz (IACE).

indice che indica, istante per istante, direzione e senso dell'antenna, su apposito quadrante, per lo più circolare. In fig. 3 è illustrato un posto radiantistico e, a destra, è visibile il volante per il comando dell'antenna rotativa. Se il comando viene effettuato elet-

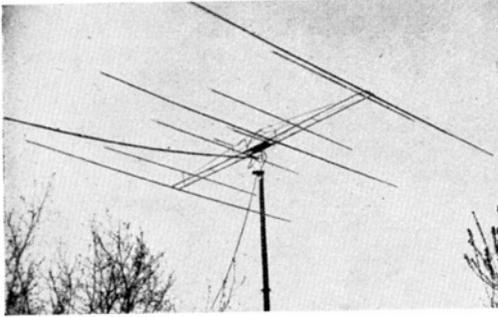


Fig. 2 - Antenna rotativa Yagi a quattro elementi per i 28 MHz e a tre elementi per i 14 MHz (IIRO).

tricamente, esso è affidato a un motore elettrico che può ruotare nei due sensi e viene azionato da un commutatore posto presso il trasmettitore. In questo caso non è più agevole realizzare un indicatore di posizione meccanico, per cui si ricorre a un sistema elettrico, realizzato mediante una coppia di motorini SELSYN (*v.*), uno il cui rotore viene fatto ruotare dall'antenna, l'altro, presso il trasmettitore, recante calettato sull'albero, l'indice che ruota su apposito quadrante. In fig. 4 è illustrato un posto radiantistico e, a

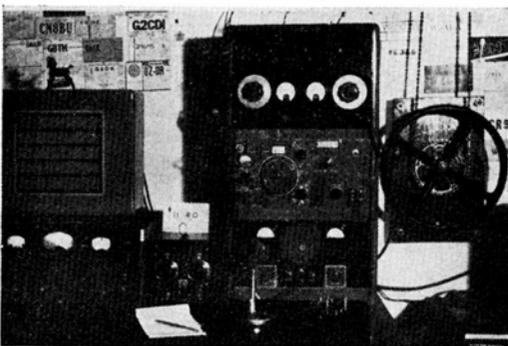


Fig. 3 - Posto radiantistico; a destra, il volante del comando dell'antenna rotativa (IIRO).

sinistra, sopra il trasmettitore, è visibile il quadrante di indicazione della posizione dell'antenna. Si osservi che l'antenna deve avere un fermo di fine corsa, per evitare che, effettuando più giri, si determini l'avvolgersi sull'albero della linea di alimentazione (cavo a

elementi coassiali). Oltre all'indicatore sistema selsyn, si usano pure sistemi di indicazione elettrici, per esempio, utilizzando un potenziometro, il cui asse sia direttamente azionato dall'antenna, in modo che, per ciascuna posizione dell'antenna, si abbia una determinata posizione del cursore del potenziometro. Un opportuno circuito potenziometrico e uno strumento indicatore di corrente, consentono, qualora la scala dello strumento riporti la dicitura « N - E - S - W », di leggere agevolmente la posizione dell'antenna. Meno di frequente; si costruiscono antenne rotative usanti, anzichè sistemi Yagi a elementi orizzontali, sistemi a elementi verticali, i quali possono consentire una realizzazione più robusta e una maggiore velocità di rotazione.

ROTORE. È la parte mobile di una macchina elettrica e si contrappone a *statore*, de-

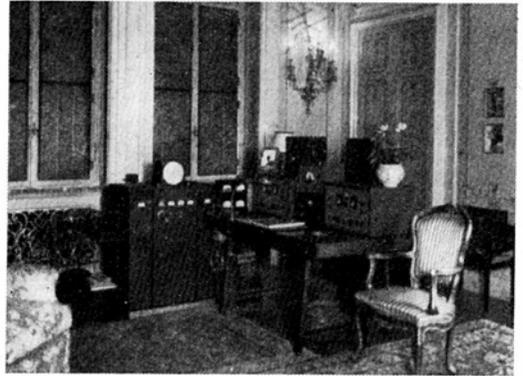


Fig. 4 - Posto radiantistico; a sinistra, sul trasmettitore, il quadrante di indicazione di posizione della antenna rotativa (IIFQ).

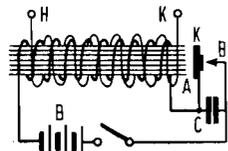
nominazione relativa alla parte fissa. Il rotore costituisce spesso l'indotto e, talvolta, l'induttore; *v.* le voci DINAMO e MOTORE ELETTRICO. Talvolta viene chiamata o rotore anche l'insieme delle lamine mobili di un condensatore variabile a rotazione.

ROTTA, RADIOINDICATORE DI — [*radioassistenza*]: *v.* le voci RADAR, RADIOASSISTENZA, RADIOFARO, RADIOINDICATORE DI ROTTA, ECC.

RUBIDIO [*chimica*]. Metallo di numero atomico 37 e peso atomico 85,44. Il suo simbolo chimico è *Rb*. Presenta la massima sensibilità fotoelettrica sui 4700 Å e il suo lavoro di estrazione è di 1,45 V. Le proprietà fotoelettriche del rubidio sono particolarmente rilevanti nel composto *idruro di rubidio*, in atmosfera di neon.

RUHMKORFF, ROCCHETTO DI — È costituito da un nucleo ferromagnetico a

trascurabile magnetismo residuo, formato da un fascio di fili verniciati, onde rendere minime le perdite determinate dalle correnti parassite di Foucault. Su di esso, separato



Schema di un rocchetto di Ruhmkorff.

da uno strato isolante, è un avvolgimento primario (v. figura), composto da circa un centinaio di spire, di filo di rame isolato. Questo avvolgimento viene fatto percorrere dalla corrente proveniente da una batteria *B*, corrente che viene periodicamente interrotta mediante un interruttore che apre e chiude rapidamente e successivamente il circuito (50 ÷ 100 interruzioni al secondo). In rocchetti di dimensioni ridotte, l'interruttore automatico è costituito da una armatura di ferro dolce *A*, affacciata a un estremo del nucleo e soggetta quindi a essere attratta da questo, per effetto della corrente che scorre nell'avvolgimento. L'attrazione determina apertura del circuito in *K*, in quanto l'armatura si «stacca» dal punto fisso *B*, con conseguente cessazione della corrente, distruzione del campo, ritorno dell'armatura in posizione normale e ripristino delle condizioni iniziali. In sostanza, si tratta del principio di funzionamento su cui è basata la soneria elettrica per corrente continua. Sull'avvolgimento primario, è avvolto un secondario costituito da moltissime spire, facente capo ai serrafili *H K* ai quali, essendo detto avvolgimento concatenato con un campo magnetico variabile, sarà misurabile una f.e.m. il cui valore, poichè il numero di spire del secondario è considerevolmente superiore al numero di spire del primario, sarà assai più elevato di quello della tensione primaria. Il condensatore *C*, posto in parallelo all'interruttore automatico, ha il compito di diminuire la durata della corrente indotta di apertura. In corrispondenza dell'apertura dell'interruttore, il condensatore si carica, scaricandosi poi sul circuito primario, con conseguente diminuzione della scintilla di apertura e della sua durata. In rocchetti di maggiori dimensioni, si ricorre a interruttori a mercurio, comandati da un motorino elettrico. Vi sono pure interruttori elettrolitici, per esempio, l'*interruttore di Wehnelt*, costituito da un recipiente di materiale isolante e inattaccabile, contenente una soluzione acquosa di acido solforico al 90%. Nella soluzione sono immersi un catodo costituito da una lastra di piombo, e un anodo, formato da un filo di platino sporgente, con la soia punta, da un involucro di porcellana. In seguito all'elettrolisi e alla elevata temperatura nei

pressi della punta, si ha una periodica interruzione della corrente. Se si dispone di corrente alternata, il primario del rocchetto può essere alimentato direttamente. In tale caso però, la variazione della corrente è relativamente lenta, per cui minore sarà il valore della f.e.m. ottenuta che, per la legge di Neumann, è legata alla velocità di variazione del flusso concatenato.

Il rocchetto di Ruhmkorff, in sostanza, non è che un trasformatore, il cui rendimento però, a causa del flusso disperso (dovuto all'impiego di un circuito o magnetico aperto), è assai basso ($\approx 25\%$).

Ricordiamo che il rocchetto di Ruhmkorff, fu impiegato, quando la radiotelegrafia faceva i suoi primi passi, come generatore di oscillazioni smorzate.

RUKOP, DIAGRAMMA DI — Si chiama pure *diagramma di disinnescio* e si ottiene riportando, in un sistema di assi cartesiani ortogonali, il potenziale base di griglia in ascissa e, in ordinata, la componente oscillante della corrente anodica di un generatore termoelettronico. Si traccia poi un certo numero di curve unenti i punti caratterizzati da uguale coefficiente di reazione. Le zone limitate dalle curve tracciate, vengono diversamente contraddistinte, dipendentemente dalla stabilità delle oscillazioni generate, determinazione che si effettua per via sperimentale.

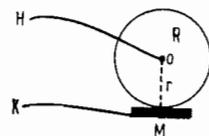
RUMBATRON: v. RHUMBATRON.

RUMORE [*acustica*]. È un insieme di suoni le cui ampiezze, frequenze e fasi mutano irregolarmente. Il rumore, non avendo alcun carattere di musicalità, dà una sensazione non gradevole, all'orecchio umano. || **R. DI BANDA LATERALE**. Date due stazioni trasmettenti e funzionanti su frequenza assai prossima, si determina un suono d'interferenza, la cui frequenza è particolarmente bassa e determinata dalla concomitanza delle diverse frequenze che costituiscono le due portanti (che non variano) e delle diverse frequenze relative alle bande laterali che, variando continuamente per effetto delle modulazioni, conferiscono al disturbo quella irregolarità che giustifica l'appellativo di *rumore*. || **R. DI FONDO**. Dal trasduttore elettroacustico, collegato a una apparecchiatura elettroacustica qualsiasi, quando l'amplificazione è elevata, si ha una uscita nonnulla, anche in assenza di segnale, determinata da una tensione di valore efficace V_1 , cui si dà il nome di *tensione di rumore (di fondo)*. Poichè un segnale utile, per non essere mascherato dal rumore di fondo, deve essere a esso superiore, è evidente come prima conseguenza

del rumore stesso sia la diminuzione della sensibilità dell'apparecchiatura. Le cause del rumore di fondo sono parecchie, alcune eliminabili, altre no. Se l'apparecchiatura è alimentata in alternata mediante un sistema trasformatore-raddrizzatore, farà parte del rumore di fondo, un ronzio di frequenza multipla di quella caratterizzante la tensione alternata di alimentazione, che potrà essere minimo, spingendo al massimo l'azione livellatrice del filtro di spianamento. Poi vi sono i fenomeni di microfonicità, i contatti incerti, ecc. cause anche queste, che possono venire eliminate e i cui effetti possono essere resi trascurabili. È invece impossibile ridurre oltre certi limiti le componenti del rumore di fondo determinate dalle variazioni nel valore delle correnti che hanno sede nei tubi termoelettronici a causa della natura corpuscolare della corrente elettrica per cui l'emissione elettronica da parte del catodo avviene con una certa irregolarità (*effetto mitraglia*) o dalla agitazione termica degli elettroni. Altri fenomeni che determinano rumore di fondo sono l'*effetto di scintillamento*, legato all'irregolare affioramento del metallo sulla superficie attiva catodica, l'*emissione elettronica secondaria* da parte dei vari elettrodi dei tubi, ecc. Si tenga presente che gli effetti mitraglia e di scintillamento vengono sensibilmente attenuati dalla carica spaziale che si comporta, nei confronti del flusso elettronico, come un volano. Essendo pure causa di rumore di fondo la distribuzione statistica degli elettroni sui vari elettrodi, ricordiamo la costruzione di speciali tubi termoelettronici a basso soffio (in quanto l'insieme delle diverse componenti del rumore di fondo si manifesta come un vero e proprio soffio) effettuata seguendo particolari conformazioni geometriche degli elettrodi, con lo scopo di dirigere gli elettroni su quegli elettrodi cui sono destinati (v. per esempio, la voce SILENTODO). Passando ora ai circuiti veri e propri, ricordiamo che la struttura corpuscolare dell'elettricità, determina rumore di fondo anche per effetto della corrente che « si muove » in seno alla materia costituente i conduttori ciò che è pure dovuto all'agitazione termica e disordinata di elettroni liberi, che aumenta all'aumentare della temperatura dei conduttori, per cui elettroni in agitazione si muovono disordinatamente, contrastando il moto ordinato degli elettroni sollecitati dal campo elettrico, che determina il passaggio di corrente. Per combattere le cause di rumore di fondo, oltre a curare il livellamento, e impiegare componenti non microfoniche e di buona qualità (particolarmente i resistori) sarà bene

dimensionare opportunamente le varie parti e usare conduttori di sezione adeguata, laddove l'intensità di corrente è relativamente elevata, per ridurre al minimo tutte le possibilità di generazione di calore per effetto Joule che, come abbiamo detto sopra, determina un aumento nella agitazione termica degli elettroni. Qualunque sia la via seguita per combattere il rumore di fondo, si tenga presente che lo scopo non è quello di ridurre in senso assoluto il rumore di fondo, quanto quello di aumentare il valore del rapporto segnale utile/di turbo. Ci si potrà allora trovare talvolta, di fronte alla necessità di apportare una modifica che pur aumentando il rumore di fondo è vantaggiosa, in quanto il rapporto di cui sopra, contemporaneamente aumenta. Il rumore di fondo di una apparecchiatura elettroacustica o radioelettroacustica non dovrebbe essere superiore a — 40 dB; v. anche le voci INFORMAZIONI, TEORIA DELLE — e RAPPORTO SEGNALE/DISTURBO.

RUOTA. || **R. A SPECCHI** [televisione]: v. TRASMISSIONE DELLE IMMAGINI, b),). || **R. DI BAIRD** [televisione]: v. TRASMISSIONE DELLE IMMAGINI, b),). || **R. DI BARLOW.** È costituita (v. figura) dalla ruota metallica *K*, libera di ruotare attorno all'asse la cui traccia nel piano della figura è indicata con *O*. Il serrafilò *H* fa capo, mediante un contatto strisciante, alla ruota stessa, mentre il serrafilò *K* fa capo al pozzetto *M* contenente mercurio, sulla cui superficie la ruota pesca col bordo. Se fra *H* e *K* viene applicata una f.e.m., la corrente passa lungo il raggio *r*, tratteggiato in figura. Si supponga ora che un campo magnetico costante, agisca ortogonalmente alla ruota, fra *O* e *M*, ossia sulla parte percorsa dalla corrente: come conseguenza, la ruota si metterà in rotazione nel senso definito dalla legge di Fleming. La macchina è reversibile e, messa in moto con un mezzo qualsiasi, genera corrente che sarà continua e costante, se costante sarà la velocità di rotazione della ruota. || **R. DI WELLER** [televisione]: v. TRASMISSIONE DELLE IMMAGINI, b), 1). || **R. FONIA** [televisione]. Sinonimo di ruota di Baird; v. TRASMISSIONE DELLE IMMAGINI, b), 1).



Ruota di Barlow.

RUTHERFORD, ATOMO DI —: v. MATERIA, COSTITUZIONE DELLA —.

RUTTORE. Sistema capace di chiudere o aprire rapidamente un circuito.