

CAPITOLO TERZO

IL CAMBIAMENTO DI FREQUENZA ED I FENOMENI RELATIVI

8. La sovrapposizione di due frequenze.

Il funzionamento dei ricevitori supereterodina si basa sulla sovrapposizione di due correnti oscillanti a frequenza diversa.

Supponiamo di disporre di un generatore di corrente alternata alla frequenza di 10 cicli, nonchè di un secondo generatore di corrente alternata alla frequenza di 8 cicli. Queste due correnti possono essere indotte contemporaneamente in un circuito elettrico chiuso, come indica la figura 10, che chiameremo sovrappositore.

Supponiamo, per semplicità, che l'ampiezza, ossia l'intensità massima, delle due frequenze sia la stessa. Dobbiamo ora esaminare la frequenza risultante e la sua intensità. Per questo possiamo valerci della figura 11, dove in A è indicato graficamente la frequenza di 10 cicli e in B quella di 8 cicli. Supponiamo che le due frequenze abbiano inizio da sinistra verso destra e che incomincino entrambe nello stesso modo, ossia siano in fase. La frequenza risultante indicata in C rappresenta la somma algebrica delle frequenze A e B.

È semplice: consideriamo la prima semi-onda positiva delle due tensioni variabili alla frequenza A e B. Incominciano nello stesso senso e finiscono quasi nello stesso tempo, perciò si sommano, quindi la prima semi-onda positiva rap-

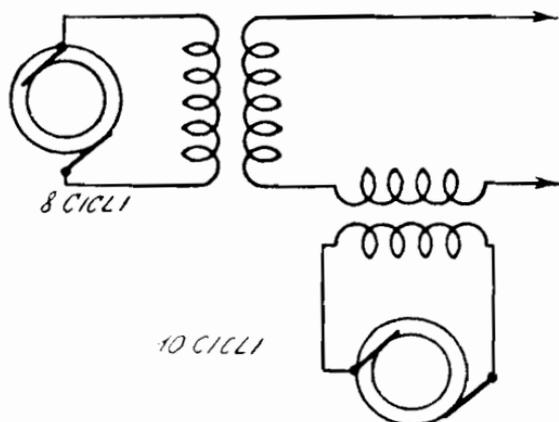


Fig. 10. - Sovrapponendo due correnti alternate di diversa frequenza ma della stessa ampiezza si ottiene una corrente risultante la cui ampiezza varia ciclicamente e la cui frequenza rappresenta la media delle due sovrapposte.

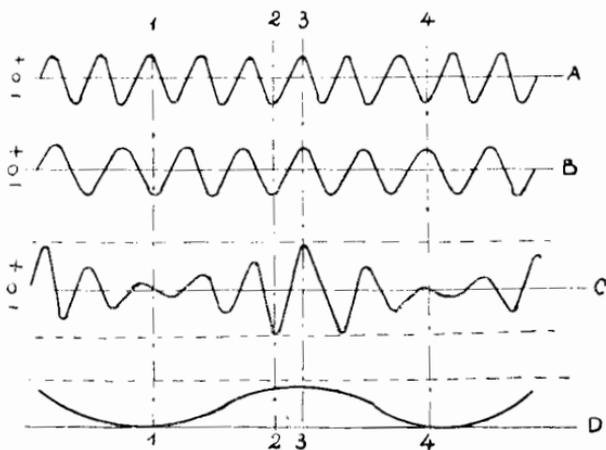


Fig. 11. - In A) e B) le due correnti alternate sovrapposte; in C) la variazione ciclica risultante; in D) la nuova corrente ottenuta con la rettificazione della risultante.

presenta quasi la somma delle due ampiezze, ossia ha una ampiezza quasi doppia. L'ampiezza non è esattamente doppia perchè le due semi-onde non sono finite esattamente nello stesso tempo, ossia non hanno raggiunto nè il valore massimo nè quello zero nello stesso istante, e questo per effetto della differente frequenza, per cui la variazione di tensione *A* ha raggiunto il valore zero prima della variazione di tensione *B*, che è più lenta.

Durante la semi-onda negativa questo distacco sarà ancora maggiore, sicchè l'ampiezza della variazione di tensione risultante sarà minore della precedente. Per la stessa ragione nella seconda semi-onda positiva l'ampiezza della tensione risultante sarà ancora minore, data la maggiore differenza tra le due variazioni di tensione in giuoco.

Consideriamo ora i quattro diversi punti indicati dalle tratteggiate 1-1, 2-2, 3-3 e 4-4. Nel caso della tratteggiata 1-1 la tensione variabile *A* ha raggiunto il valore massimo positivo mentre la tensione variabile *B* è ancora negativa, la risultante somma algebrica sarà una tensione positiva molto piccola che diventerà zero quando la tensione positiva di una delle due tensioni variabili sarà eguale e opposta all'altra.

Nel caso della tratteggiata 2-2 la tensione alternativa *A* ha raggiunto il massimo negativo mentre quella *B* stà per raggiungerlo, la risultante sarà in questo caso una tensione alternativa quasi doppia di senso negativo, seguita da un'altra di senso positivo, 3-3. Ciò che si è verificato per la 1-1 in senso positivo si verifica ora per la 4-4 in senso negativo.

Possiamo constatare: a) che l'ampiezza della frequenza risultante varia in modo ciclico, ossia questa ampiezza varia con la frequenza determinata dalla differenza delle due frequenze originali; b) che la tensione variabile risultante ha una frequenza che rappresenta la media delle due frequenze sovrapposte.

Sino a tanto che le due frequenze erano separate la loro ampiezza era eguale, ora con la sovrapposizione abbiamo:

una nuova frequenza e in più abbiamo una variazione ciclica di ampiezza, e quest'ultima è illustrata in *D* dalla stessa figura. È la frequenza di questa variazione di ampiezza che ci interessa, perchè rappresenta la media frequenza.

Per poter approfittare di questa variazione ciclica d'ampiezza dobbiamo rettificare la tensione variabile risultante, ossia eliminare le semi-onde positive (oppure quelle negative), altrimenti abbiamo due variazioni eguali ma opposte che si neutralizzano. Questo risulta chiaro osservando la figura. Il dispositivo sovrappositore deve quindi agire anche da rivelatore, per questa ragione gli americani chiamano *primo rivelatore* il dispositivo che noi con un termine solo chiamiamo *sovrappositore* o *cambiafrequenza*.

9. Il fenomeno dei battimenti.

Per meglio chiarire il concetto delle variazioni cicliche di ampiezza ottenute con la sovrapposizione di due frequenze diverse, e che d'ora in poi chiameremo *battimenti*, faremo alcuni esempi. Supponiamo di avere una corrente alternata, alla frequenza di 1000 cicli e un'altra alla frequenza di 700 cicli. Se sovrapponiamo queste due frequenze in un unico circuito otterremo dei battimenti la frequenza dei quali sarà di $1000 - 700 = 300$ cicli per secondo. La corrente risultante avrà una frequenza di 1000 più 700 diviso 2, ossia la media tra 1000 e 700, cioè 850 cicli, ma essa non ci interessa. Ci interessano solo i battimenti, ossia la variazione dell'ampiezza alla frequenza di 300 cicli.

Sovrapponendo alla frequenza delle oscillazioni generate dalle radio-onde provenienti dalla stazione di Roma, 680 kc, delle altre oscillazioni generate dallo stesso apparecchio ricevente, e di frequenza 855 kc, otterremo dei battimenti alla frequenza di $855 \text{ kc} - 680 \text{ kc} = 175 \text{ kc}$. A questa frequenza di 175 kc dovrà essere tarato l'amplificatore di media frequenza dell'apparecchio.

Cercheremo ora di dire con maggior esattezza quanto abbiamo detto alla buona e ciò perchè l'argomento dei battimenti è di basilare importanza per lo studio dei moderni ricevitori.

L'involucro della oscillazione risultante dalla sovrapposizione di due oscillazioni a frequenza diversa varia in ampiezza alla frequenza che è determinata dalla differenza fra le frequenze delle due oscillazioni sovrapposte e oscilla entro una gamma di ampiezze eguale alla gamma d'ampiezza della meno ampia delle due oscillazioni. Questo fatto è chiaramente indicato dalla figura 12.

Il risultato suddetto è ottenuto perchè mentre in un dato momento le due oscillazioni sono in fase e quindi si sommano, dopo un breve intervallo di tempo l'onda a frequenza più alta si troverà di mezzo ciclo in anticipo sull'altra e si combinerà con essa in opposizione di fase. Il ritmo secondo il quale varia l'ampiezza dell'involucro della oscillazione risultante è detto *frequenza di battimento*, e la produzione di questi *battimenti* mediante la sovrapposizione di due oscillazioni a frequenza diversa è detta *eterodinaggio*.

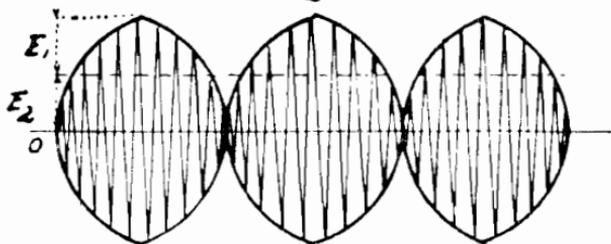
Da quanto abbiamo sin qui detto, risulta evidente che l'azione di eterodinaggio può essere utilizzata per cambiare la frequenza di una corrente alternata.

Per ottenere il cambiamento di frequenza di una data corrente alternata mediante l'eterodinaggio è dunque necessario sovrapporre ad essa una oscillazione locale la cui frequenza differisca da quella da modificare di tanto quanto è la frequenza desiderata. La frequenza dell'oscillazione locale può essere inferiore o superiore a quella della corrente alternata, è del tutto indifferente, ciò che interessa è soltanto la differenza tra le due frequenze. Solo da essa dipende la nuova frequenza. Basta presentare alla griglia di un rivelatore le due diverse frequenze contemporaneamente per ottenere nel suo circuito di placca una corrente rettificata alla frequenza di battimento.

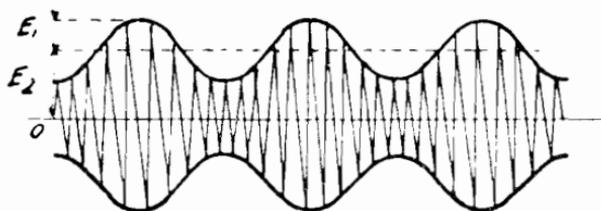
Nel caso di un ricevitore radiofonico una delle due oscil-



$$E_1 = E_2$$



$$E_1 = 0.5 E_2$$



$$E_1 = 0.25 E_2$$

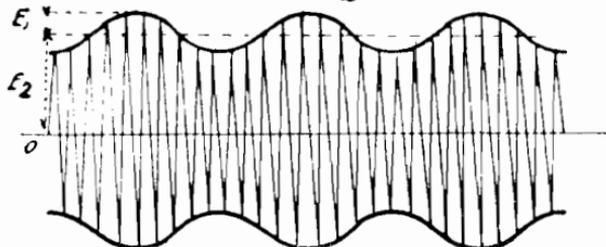


Fig. 12. - I battimenti sono ottenuti con la sovrapposizione di due oscillazioni.

lazioni è priva di modulazione (quella prodotta dal ricevitore stesso), mentre l'altra è modulata (quella della corrente oscillante in arrivo) ora, l'ampiezza dei battimenti risultanti varia in accordo con l'ampiezza della oscillazione modulata, con il risultato finale che la frequenza dell'oscillazione portante (ossia la frequenza della emittente) viene sostituita con un'altra senza che venga disturbato il suo involucro di modulazione.

10. Il cambiamento di frequenza.

La supereterodina si basa sul cambiamento di frequenza. Un apparecchio di questo tipo il quale possa ricevere le frequenze comprese tra i 550 kc e i 1500 kc, come è della maggioranza degli apparecchi, deve poter tradurre tutte queste frequenze nella frequenza costante alla quale è tarato l'amplificatore di media frequenza, quindi deve poter sovrapporre a ciascuna di queste frequenze una frequenza superiore tale che la differenza sia quella della media frequenza. Se questa frequenza costante è di 175 kc, come avviene nel caso di buona parte degli apparecchi supereterodina, la frequenza delle oscillazioni locali, generate dall'eterodina, deve variare tra i 725 kc e i 1675 kc ($550 + 175$ e $1500 + 175$).

Stabilita questa premessa possiamo esaminare più dettagliatamente il fenomeno dei battimenti in una supereterodina. Per far questo supponiamo che l'apparecchio debba ricevere le radio-onde di 300 m (alla frequenza di 1000 kc), provenienti da una ipotetica stazione. La prima cosa che l'apparecchio dovrà fare è quella di separare tale frequenza da tutte le numerosissime altre che giungono ad esso contemporaneamente. Questo è il compito dello stadio d'entrata costituito da uno o più circuiti oscillanti variamente accoppiati se lo stadio ha scopo solamente selettivo, e di una valvola oltre ad essi, se il suo scopo oltre ad essere selettivo è anche quello di amplificare la frequenza sele-

zionata. In quest'ultimo caso si ha uno stadio d'amplificazione in alta frequenza.

Attraversato lo stadio d'entrata, l'oscillazione alla frequenza di 1000 kc si dirige verso la valvola cambiafrequenza, dove incontra la oscillazione della frequenza di 1175 kc (se la media frequenza è a 175 kc). Come risultato di questa interferenza tra le due oscillazioni si ottiene una terza oscillazione la cui frequenza rappresenta la media delle due frequenze sovrapposte. L'ampiezza di questa nuova oscillazione varia periodicamente con una frequenza diversa dalle altre tre già considerate, e che è appunto la frequenza di battimento. Sappiamo che tale frequenza rappresenta la differenza tra le due frequenze sovrapposte, e che nel caso nostro essa è di 175 kc.

Però — ripetiamo ancora — l'oscillazione che è stata determinata dalla sovrapposizione ha una frequenza compresa tra 1000 kc e 1175 kc, sicchè questa oscillazione deve essere rettificata per poter ottenere una corrente con la sola frequenza di 175 kc.

Per meglio comprendere questo fatto il lettore pensi a una radio-onda modulata da un suono; per poter ottenere il suono occorre che la sua frequenza venga separata dalla frequenza della radio-onda che lo trasporta, e che come abbiamo detto rappresenta il veicolo. Per tale separazione si adopera appunto il rivelatore che costituisce il cuore dell'apparecchio ricevente. Dopo la rivelazione, la frequenza portante risulta eliminata, mentre rimane solo quella musicale che rappresenta il suono.

Anche nel caso della sovrapposizione di due frequenze abbiamo una nuova frequenza che deve essere rettificata. Dalla rettificazione si ricava una corrente che varia solo in ampiezza e con la frequenza dei battimenti, ossia con la differenza delle due frequenze sovrapposte (fig. 13).

Continuando col nostro esempio, dopo la rettificazione fatta dalla stessa valvola cambiafrequenza, della terza oscillazione, abbiamo una corrente alla frequenza di 175 kc. Essa

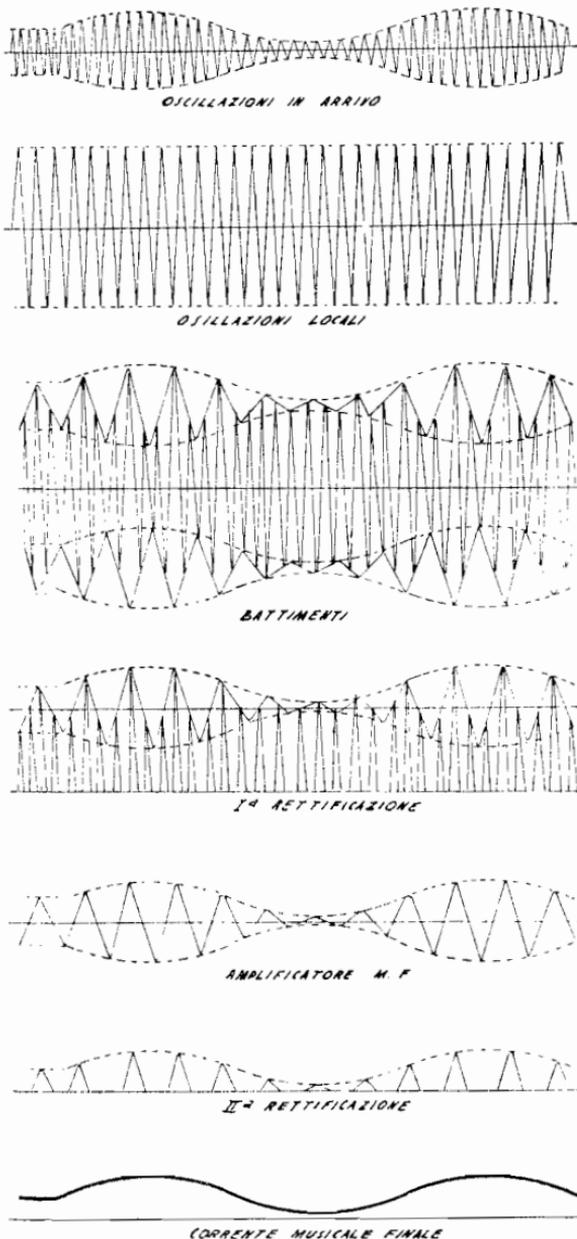


Fig. 13. - Il funzionamento dei ricevitori supereterodina espresso graficamente. Le oscillazioni in arrivo, determinate dalle radio-onde captate, e sovrapposte alle oscillazioni generate dallo stesso ricevitore, formano i battimenti; dalla cui rettificazione si ottiene la frequenza intermedia che viene amplificata e poi demodulata, ossia separata dalla corrente musicale.

passa attraverso lo stadio amplificatore di media frequenza, e subisce in tal modo una considerevole amplificazione. Giunge al rivelatore dove la frequenza media viene separata dalla musicale, che da sola continua ad essere amplificata da uno o due stadii per giungere poi al diffusore ed essere tradotta nei suoni corrispondenti.

11. I vantaggi della supereterodina.

Quali sono i vantaggi derivanti dall'amplificazione a media frequenza e quindi in generale dalla supereterodina?

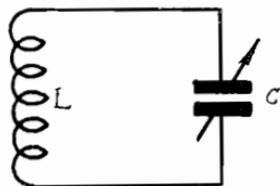


Fig. 14. - Un circuito oscillante è formato da una induttanza (L) e da un condensatore (C) variabile. Serve per accordare il ricevitore alle varie lunghezze d'onda ricevibili.

Per discuterli è necessario supporre una conoscenza adeguata dei fenomeni relativi all'amplificazione diretta in alta frequenza da parte del lettore. Ma questi fenomeni sono tutt'altro che ben noti da parte della maggioranza per cui tale discussione resterebbe limitata a una cerchia troppo ristretta di lettori. Sicchè li passeremo soltanto sommarariamente in rassegna, data anche l'indole pratica del presente lavoro.

È noto che gli amplificatori di alta frequenza con circuiti accordati non amplificano uniformemente tutte le frequenze ricevibili. Come la parola lo dice in questi amplificatori tutti i vari circuiti vengono « accordati » sulla frequenza in arrivo, ciò che vien fatto variando la capacità di ciascun stadio. La figura 14 indica un circuito oscillante costituito da un condensatore C e da una induttanza L. Quando è incluso tra due valvole amplificatrici questo circuito permette un'amplificazione che varia con la sua impedenza e cresce con essa. Per poter ottenere la massima amplificazione per tutte le frequenze, ossia per tutte le stazioni ricevibili, occorre che l'impedenza sia sempre uniforme e massima, invece essa varia col variare di C.

Mentre, quindi, negli amplificatori d'alta frequenza abbiamo un'amplificazione non uniforme dovuta alle variazioni della capacità, variazioni necessarie per accordare l'apparecchio sull'onda in arrivo, nella supereterodina questa amplificazione è pressochè uniforme per tutte le frequenze. E ciò data la trasformazione di tutte le frequenze in arrivo in un'unica frequenza che vien fatta passare attraverso un apposito amplificatore, di media frequenza, e perfettamente accordato.

Questo fatto diventa evidente tenendo conto che l'amplificazione di uno stadio ad alta o media frequenza, (la quale è sempre alta frequenza), è massima quando l'impedenza di carico inclusa nel circuito di placca della valvola e, nel caso di un trasformatore di media frequenza, il primario accordato di tale trasformatore, è uguale alla resistenza interna della valvola. La figura 15 illustra l'amplificazione relativa ottenuta con un qualsiasi stadio ad alta frequenza e indipendentemente dal sistema di accoppiamento adoperato. Come si può osservare dalla curva l'amplificazione cade assai rapidamente se l'impedenza di carico diminuisce sotto il valore della resistenza interna della valvola impiegata, e più lentamente se invece aumenta sopra tale valore. Si può anche constatare che il valore dell'impedenza di carico non è critica e che può aumentare o diminuire di un terzo del valore eguale alla resistenza interna della valvola, senza che per questo l'amplificazione subisca delle notevoli diminuzioni.

Ad ogni valvola ad alta frequenza corrisponde una determinata impedenza di carico meglio adatta, quindi i trasformatori di media frequenza devono essere costruiti tenendo conto della valvola con la quale devono funzionare, per poter ottenere la massima amplificazione.

Ma non basta. Occorre anche che i trasformatori di media frequenza siano costituiti da due circuiti accordati e accoppiati, ciascuno dei quali deve possedere la più alta induttanza possibile (alto rapporto di L/C) e la più bassa

resistenza consentita. I condensatori semifissi devono perciò essere di valore assai basso rispetto l'induttanze impiegate e l'avvolgimento deve essere fatto con conduttore tale da

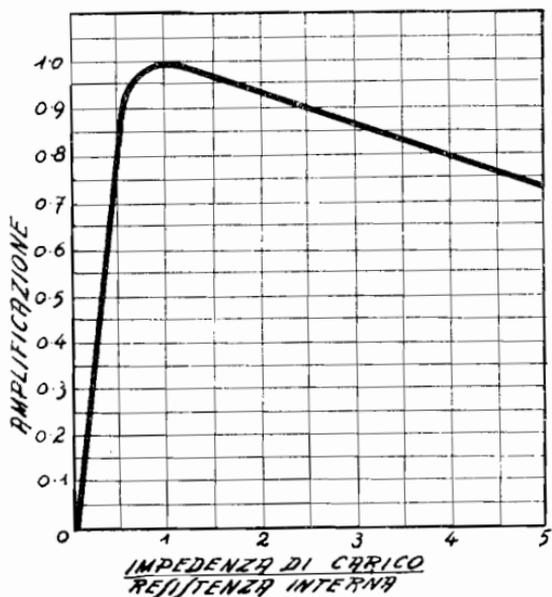


Fig. 15. - L'amplificazione che può essere ottenuta con una valvola elettronica dipende dalla resistenza di carico che viene applicata al suo circuito esterno.

mantenere al minimo la resistenza ohmica, ossia a capi multipli (litz).

Quando si tratta di apparecchi ad amplificazione diretta è necessario che i vari circuiti accordati ad alta frequenza possano venir sintonizzati sulla lunghezza d'onda che si desidera ricevere, perciò le capacità variabili, dato che sono sempre le capacità che vengono variate mentre le induttanze rimangono costanti, determinano la gamma di frequenza ricevibile. Non è quindi possibile elevare al mas-

simo le induttanze portando al minimo le capacità, perchè in tal modo la gamma di ricezione risulterebbe ristrettissima.

Ciò che non può essere fatto nei ricevitori ad amplificazione diretta, può essere fatto invece nei ricevitori supereterodina, dove l'amplificatore a media frequenza non deve essere accordato che ad una sola frequenza sicchè si può disporre dell'alto rapporto tra l'induttanza e la capacità.

I trasformatori di media frequenza meglio costruiti possiedono degli avvolgimenti di diametro relativamente grande, perchè fatti con filo a molti capi e che presenta bassa resistenza ohmica e sono provvisti di piccoli compensatori ad aria il cui valore va da una capacità minima di $60 \mu\mu F$ ad una massima di $160 \mu\mu F$, e questo perchè le induttanze sono costruite con sufficiente precisione.

Un altro considerevolissimo vantaggio dei ricevitori supereterodina è pure conseguenza dell'uso dell'amplificatore di media frequenza. Dato che i trasformatori di media frequenza sono costituiti da due circuiti accordati accoppiati, questo accoppiamento può essere disposto in modo tale da ottenere un sufficiente effetto di *filtro di banda*, allo scopo di impedire l'eccessivo taglio delle bande laterali di modulazione, con conseguente migliore fedeltà di riproduzione. Del filtro di banda è stato detto nel *Radio-Libro* a pagine 63 e 64 (seconda edizione).

La selettività dei ricevitori supereterodina è inoltre maggiore di quella ottenibile con gli apparecchi ad amplificazione diretta anche per la caratteristica *selettività aritmetica*, che esamineremo nel prossimo paragrafo.

I vantaggi della supereterodina si possono quindi riassumere così: migliore selettività, maggiore sfruttamento delle valvole amplificatrici a radiofrequenza (media frequenza) e migliore riproduzione fonica per effetto del filtro di banda.

Gli svantaggi della supereterodina sono: l'uso di una valvola per il cambiamento di frequenza e l'interferenza di immagine, che vedremo presto cosa sia.

12. La selettività aritmetica.

È noto che le stazioni trasmettenti sono distanziate di 9 chilocicli, sicchè per passare da una trasmittente all'altra occorre variare la sintonia dell'apparecchio di 9 kc. Sicchè se l'apparecchio è sintonizzato su una stazione la cui frequenza è di 900 kc per passare alla vicina bisogna portarlo sui 909 kc, e questo rappresenta l'1 % (9 kc sono l'uno per cento di 900 kc). Se lo stesso apparecchio è una supereterodina e se la media frequenza è a 100 kc, per passare da una stazione all'altra occorre sempre spostare la sintonia di 9 kc, ma questo spostamento rappresenta, rispetto la frequenza di 100 kc, una percentuale del 9 %, mentre prima la percentuale era dell'1 %. Per questo semplice fatto l'apparecchio supereterodina è più selettivo di uno a amplificazione diretta.

Il vantaggio della selettività aritmetica è inerente al cambiamento di frequenza. Infatti ben pochi ricevitori ad amplificazione diretta possono separare due emittenti distanti soltanto 9 kc, mentre nel caso delle supereterodine anche se ambedue i segnali delle due emittenti vengono entrambi eterodinati, perchè eventualmente presenti sulla griglia della cambiafrequenza, uno di essi si trova alla frequenza dell'amplificatore, nel caso dell'esempio fatto a 100 kc, mentre l'altro si trova a 9 kc di distanza, a 91 kc o a 109 kc, quindi molto fuori di sintonia, chè la percentuale è in questo caso del 9 %.

È evidente che maggiore è il salto della trasformazione di frequenza, ossia *più bassa è la media frequenza, maggiore è il vantaggio della selettività aritmetica*. Per questa ragione sono entrati in uso amplificatori a frequenza bassissima, però in tal caso si presenta un inconveniente, quello della interferenza d'immagine, sicchè è necessario un compromesso, ed è per questa ragione che la media frequenza generalmente adottata è quella di 175 kc, mentre ha ottenuto scarsa diffusione quella di 110 kc.

13. L'interferenza d'immagine.

Abbiamo visto che per ottenere una data media frequenza è necessario sovrapporre due frequenze la cui differenza sia eguale ad essa. Sovrapponendo cioè alla frequenza di 1000 kc un'altra di 1100 kc, si ottengono dei battimenti la cui variazione ciclica d'ampiezza avviene alla frequenza di $1100 - 1000 = 100$ kc. Questo stesso effetto si ottiene anche sovrapponendo alla frequenza di 1000 kc anzichè la frequenza di 1100 kc quella di 900 kc. Anche in questo caso infatti avremo $1000 - 900 = 100$ kc.

In pratica se l'amplificatore a media frequenza del ricevitore è accordato a 100 kc e se ci sono due stazioni che trasmettono una alla frequenza di 598 kc (Firenze) e l'altra alla frequenza di 798 kc (Scottish Regional) otterremo la ricezione simultanea delle due stazioni che pure si trovano a frequenze alquanto distanti. Infatti, se l'apparecchio è accordato sulla stazione di Firenze (598 kc) la valvola cambiafrequenza genera delle oscillazioni locali alla frequenza di 698 kc per ottenere i 100 kc alla cui frequenza è accordata la media, ($698 - 598 = 100$). Le oscillazioni locali interferiranno anche con la frequenza di 798 kc (Scottish) perchè anche in tal caso avremo la frequenza costante di 100 kc ($798 - 698 = 100$).

Questa speciale interferenza si riscontra soltanto nella supereterodina, ed è dovuta al cambiamento di frequenza. Si chiama *interferenza d'immagine*. L'onda di Firenze, mettiamo, non interferisce in questo caso con quella delle vicine, Bruxelles da una parte e Praga dall'altra, ma addirittura con l'onda di Scottish Regional, che è distanziata di 200 kc, mentre le altre sono distanziate di 9 kc e di 16 kc rispettivamente. (La frequenza di Scottish è di 797 kc e non di 798 kc, come detto, ma ciò serve per l'esempio).

Se invece della frequenza di 100 kc fosse stata scelta quella di 300 kc per la media frequenza, le stazioni in-

terferibili sarebbero state separate di 600 kc, quindi Firenze avrebbe dovuto interferire quasi con Trieste, ciò che non è possibile per quanto poco selettivo sia il circuito d'entrata.

Aumentando la frequenza intermedia diminuisce la possibilità che si verifichi l'interferenza d'immagine, ma diminuisce anche l'amplificazione, sicchè è necessario un compromesso, affidando al circuito d'entrata l'incarico di separare le due stazioni.

14. La produzione delle armoniche.

Un suono non è mai puro ma è sempre accompagnato dalle sue « armoniche » che rappresentano dei multipli della sua frequenza fondamentale. È noto che tutti i suoni sono compresi nella gamma dai 16 ai 20.000 cicli, praticamente dai 40 ai 10.000 e nella radiofonia dai 40 a 4500. Un suono è determinato quindi dalla sua frequenza e dal numero e intensità delle sue armoniche. Essendo il suono un'onda che si propaga nell'aria, non bisogna pensare che l'onda fondamentale sia accompagnata dalle altre onde di frequenza multipla, ossia dalle armoniche, ma piuttosto che il suono è formato da un'unica onda risultante dalla sovrapposizione della fondamentale con le sue armoniche.

Le armoniche servono a distinguere una nota musicale ottenuta con una tromba dalla stessa nota musicale ottenuta con un pianoforte. La frequenza fondamentale della nota è la stessa, variano soltanto le sue armoniche (fig. 16).

In generale le armoniche sono di intensità minore della fondamentale. Per alcuni strumenti possono però essere più forti.

La figura 17 indica in A) una corda che vibra secondo la sua frequenza fondamentale sola, in B) la vibrazione fondamentale è accompagnata dalla seconda armonica, in C) la fondamentale è accompagnata dalla sua sesta armonica. La produzione delle armoniche nel caso della corda varia se-

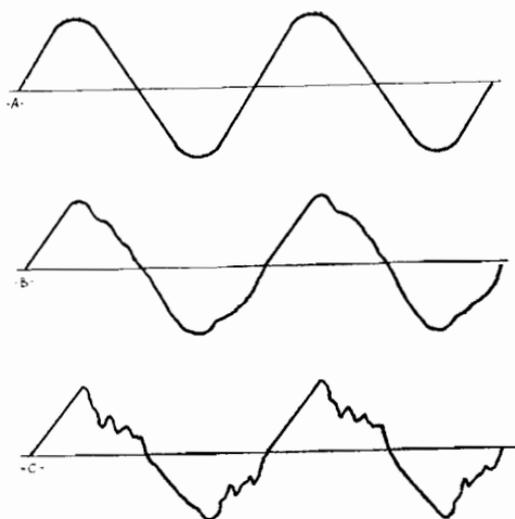


Fig. 16. - Una stessa nota musicale prodotta con due strumenti diversi si distingue per la presenza di diverse armoniche che accompagnano la nota fondamentale.

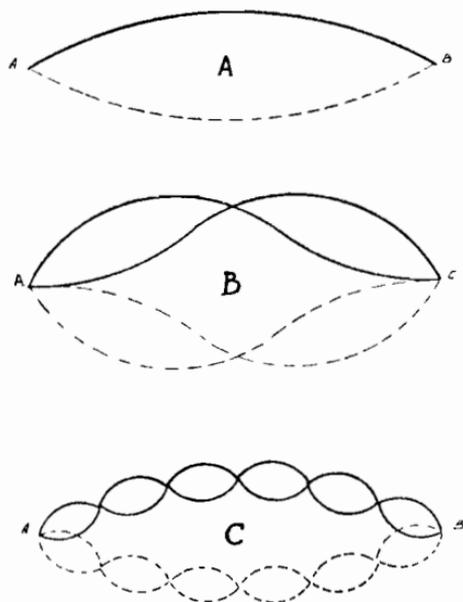


Fig. 17. - A) vibrazione fondamentale di una corda; B) la stessa vibrazione accompagnata dalla sua seconda armonica; C) la stessa accompagnata dalla sua sesta armonica.

condo la natura della corda, secondo la sua lunghezza e la sua tensione.

La relazione numerica che lega la frequenza fondamentale con quella delle armoniche è tale che *le armoniche sono sempre di frequenza multipla e maggiore della fondamentale*. La seconda armonica di una data frequenza è data moltiplicando la frequenza stessa per due, la terza armonica moltiplicando la fondamentale per tre, la quarta per quattro, la quinta per cinque e così via. Così la seconda armonica della frequenza di 100 cicli è di 200 cicli, la terza è di 300 cicli, eccetera. In generale, come detto, *più alta è l'armonica minore è la sua intensità*. L'armonica più forte è, perciò, la seconda.

Nel caso degli apparecchi supereterodina, le armoniche hanno notevolissima importanza e possono introdurre dei disturbi tali da paralizzare completamente il funzionamento del ricevitore, o manifestarsi sotto forma di fischi o causare altri disturbi.

Così, supereterodinando due frequenze, la frequenza dei battimenti risultanti non è mai pura ma è accompagnata da un certo numero di armoniche. Se la differenza tra le due frequenze è di 175 kc, a questa frequenza fondamentale corrisponderà la sua seconda armonica alla frequenza di 350 kc, la terza alla frequenza di 525 kc, la quarta alla frequenza di 700 kc, la quinta alla frequenza di 875 kc, e così di seguito, sebbene la quinta armonica sia l'ultima praticamente interessante in questo caso, essendo le altre molto deboli. La terza armonica è però molto forte e se il ricevitore può captare onde dai 520 kc in avanti, come qualche volta avviene, la terza armonica della media frequenza, cade dentro la gamma delle frequenze ricevibili. La gamma di ricezione dei ricevitori normali va però dai 535 o 540 kc in su, sicchè la terza armonica resta fuori.

Nel caso di un ricevitore supereterodina le armoniche più interessanti sono quelle che provengono dall'uscita della valvola rivelatrice dove sono costantemente presenti delle

oscillazioni alla frequenza fondamentale di 175 kc e le relative armoniche. Una parte di queste armoniche, la quarta, quinta, sesta, cadono entro la gamma delle frequenze ricevibili e possono interferire con esse determinando dei battimenti a frequenza molto bassa e quindi udibili sotto forma di fischi. Ci sono degli apparecchi, in uso nei laboratori per il collaudo dei ricevitori, che si basano su questo effetto per il rilievo delle caratteristiche di responso dei ricevitori stessi. Questi apparecchi generano due oscillazioni ad alta frequenza dalle quali si ottengono dei battimenti per frequenze da 30 a 10.000 cicli, e servono per controllare l'amplificazione del ricevitore alle varie frequenze e stabilirne la fedeltà di riproduzione. Essi si basano sullo stesso principio della sovrapposizione di due oscillazioni a frequenza poco diversa e variabile entro la gamma suddetta. Una frequenza rimane fissa e l'altra viene variata, si ottengono dei battimenti che riprodotti dal diffusore determinano un suono che dalla tonalità più bassa può gradatamente passare alla più acuta, coprendo tutta la gamma delle frequenze udibili.

È opportuno cercare di ricordare che le varie armoniche della frequenza intermedia sono specialmente presenti nel circuito di placca della rivelatrice, la quale, essendo di potenza, è specialmente ricca di armoniche. Queste armoniche possono interferire con una frequenza in arrivo e determinare in tal modo dei battimenti a frequenza udibile, come abbiamo detto, ossia dei fischi. Supponiamo che la frequenza intermedia sia quella solita di 175 kc, la quinta armonica di questa frequenza è a 700 kc, ed è sempre presente per qualunque stazione sia ricevuta, data la trasformazione di frequenza. Se quindi viene ricevuta una stazione di 705 kc e se quella a 700 kc può essere anche minimamente all'entrata dell'apparecchio, può interferire con essa e produrre dei battimenti a 5000 cicli, frequenza perfettamente udibile. Se la stazione invece di 705 kc è di frequenza 703 kc i battimenti sono a 3000 cicli, quindi il fiischio risulta di nota più bassa all'opposto di quanto ac-

IL CAMBIAMENTO DI FREQUENZA ED I FENOMENI RELATIVI

cade se la stazione trasmette con la frequenza di 708 kc, perchè in tal caso i battimenti sono a 8000 cicli e quindi il fischio è più acuto. Ecco alcune armoniche delle frequenze fondamentali più interessanti.

Tab. I - ARMONICHE

Fondamentali	2 ^a armon.	3 ^a armon.	4 ^a armon.	5 ^a armon.
110	220	330	440	550
125	250	375	500	625
130	260	390	520	650
135	270	405	540	675
170	340	510	680	850
171	342	513	684	855
172	344	516	688	860
173	346	519	692	865
174	348	522	696	870
175	350	525	700	875
176	352	528	704	880
177	354	531	708	885
178	356	534	712	890
179	358	537	716	895
180	360	540	720	900
220	440	660	880	1100
240	480	720	960	1200
260	520	780	1040	1300
450	900	1350	1800	2250
465	930	1395	1860	2325