

MICA ENCICLOPEDI

*ING. MIHAIL
KONTESCHWELLER*

RADIOELECTRICITATE



FUNDAȚIA PENTRU LITERATUR
ȘI ARTĂ „REGELE CAROL II

www.dacoromanica.ro

RADIOELECTRICITATE

S'AU TRAS DIN ACEASTĂ CARTE, PE
HĂRTIE VIDALON, DOUĂZECI
ȘI ȘASE DE EXEMPLARE NEPUSE IN
COMERȚ, NUMEROTATE DELA 1 LA 26

TOATE DREPTURILE REZERVATE

M. KONTESCHWELLER

Inginer

RADIOELECTRICITATE

Cu 218 de figuri în text



BUCUREȘTI

FUNDAȚIA PENTRU LITERATURĂ ȘI ARTĂ «REGELE CAROL II.»

39, Bulevardul Lascar Catargi, 89

1 9 4 0

INTRODUCERE

CAPITOLUL I

SUBSTRATUL FIZIC AL RADIOELECTRICITĂȚII

Spiritul omenesc deschide căi noi prin scipiri geniale și prin descoperiri accidentale. După aceea pătrunde pe aceste căi prin metode care se desvoltă și se desăvârșesc treptat.

Metodele de pătrundere urmăresc de obicei două obiective principale:

1. Desprinderea esențialului, și
2. Împingerea la extrem a anumitor fenomene sau însușiri cunoscute, precum voi arăta mai departe prin câteva exemple.

Desprinderea esențialului se poate vedea bunăoară în aviație, unde o bună parte a progresului se rezumă la izolarea formelor perfecte și «curățirea» lor de toate proeminențele. În radio de asemenea, avem izolarea curentului electric care, desprins de suportul lui material se reduce la emisiunea electronică din lămpile de radio. În aparatele de recepție urmărim desprinderea modulației sonore pure, ș. a. m. d.

Al doilea obiectiv al metodelor de pătrundere e mai greu de exprimat dar mai ușor de exemplificat.

Când un fenomen obișnuit se împinge la extrem, capătă de obicei un aspect neașteptat.

Astfel simpla mărire a surselor de curent electric a dus la începutul secolului trecut la arcul voltaic, la incandescentă și implicit la lumina electrică,

De asemenea mărirea puterii motoarelor pe unitatea de greutate a dus la zborul mecanic, la aeroplan.

Inversarea unui curent electric într'un ritm din ce în ce mai repede, a dus la înalta frecvență și implicit la radioelectricitate.

Progresul în domeniile de mai sus continuă să se rezume în bună parte la ușurarea motoarelor și la producerea frecvențelor din ce în ce mai ridicate.

* * *

Calea radioelectricității a fost deschisă prin geniala lucrare a lui Maxwell, care a arătat în 1864 că un curent electric alternativ produce în jurul lui unde de aceeași natură cu undele luminoase.

Pătrunderea în domeniul practic a radioelectricității a fost însă opera lui Hertz care a adevărit prin minunatele sale experiențe din 1887 prevederile teoretice ale lui Maxwell.

Dar la începuturile radioelectricității n'au lipsit nici descoperirile accidentale: lampa cu doi electrozi a lui Edison, lampa cu trei electrozi a lui Lee de Forest din 1906, etc.

Cu ajutorul acestor lămpi s'a desprins precum spuneam, un fenomen esențial, curentul electric care a fost scos din suportul lui material și redus astfel la ceea ce este în fond, o simplă deplasarea unidirecțională de electroni. Reglarea acestui curent de electroni s'a făcut în modul cel mai simplu, cel mai firesc, printr'un câmp electrostatic interpus în calea electronilor (sita, — care e așezată între sursa de electroni, — filamentul incandescent, — și placa colectoare).

Suprimând astfel greoaia haină materială pe care o îmbracă în mod normal curentul electric, acesta poate fi stăpânit cu o ușurință extraordinară.

Intr'adevăr, cu lampa de radio se realizează orice amplificări și orice frecvențe (în anumite limite). Se poate

produce adică o comutare oricât de rapidă a curentului electric, care ajunge să-și schimbe sensul de zeci și sute de milioane de ori pe secundă cu o precizie perfectă, cu o regularitate admirabilă.

Așa dar radioelectricitatea se bazează în fond pe curenții de înaltă frecvență și pe lămpile de radio care produc acești curenți la postul de emisiune și îi percep la recepție.

Curenții de înaltă frecvență dela postul de emisiune produc în jurul lor unde radioelectrice care ajung la postul de recepție. Undele acestea nu pot fi percepute de simțurile noastre. Ele călătoresc aproape nestingherite prin spațiu până ajung la antena receptoare în care produc un curent de înaltă frecvență asemănător cu cel dela postul de emisiune, — dar mult mai slab.

Pentru ca acest curent să devie perceptibil se culege într'un circuit electric format dintr'un condensator și o bobină, astfel alese încât să intre în rezonanță pe frecvența dată, — obișnuitul acord al aparatelor de recepție.

În al doilea rând curentul e amplificat prin lămpi și pus în evidență cu ajutorul căștii, difuzorului, etc.

În definitiv avem un curent alternativ în antena de emisiune care produce un curent alternativ în antena de recepție.

S'ar putea crede că e vorba de un simplu fenomen de inducție, dar inducția clasică așa cum a fost descoperită de Faraday în 1831 și exprimată ulterior în diferite legi și formule nu poate produce și nu poate explica acțiunea la distanțe atât de mari ca în radiocomunicații.

În studiul clasic al inducției se admite că intensitatea curentului este, — în orice clipă, — aceeași în toate punctele circuitului și că inducția se produce instantaneu. Aceasta constituie o primă aproximație perfect acceptabilă când e vorba de frecvențe joase (zeci și sute de perioade pe secundă) și de distanțe mici cum ar fi de exemplu distanța dintre primarul și secundarul unui transformator.

Astfel privite lucrurile, efectele produse de inducție scad cu *pătratul* distanței iar în lipsa unui bobinaj secundar care să absoarbă energia din bobonajul priinar al transformatorului acesta *nu* radiază energie în spațiul înconjurător.

Dar de îndată ce curentul începe să-și schimbe sensul mai repede, ajungând la frecvențe de zeci și sute de mii pe secundă, intensitatea curentului nu mai poate fi considerată aceeași în toate punctele circuitului, și nici viteza de propagare a inducției nu mai poate fi considerată ca instantanee, căci dela acțiunea primarului asupra secundarului și reacțiunea acestuia asupra primarului, curentul poate să-și fi schimbat sensul în primar, așa încât fenomenele se modifică. Când liniile de forță tind să se retragă asupra conductorului la stingerea curentului, găsesc un curent de sens schimbat care respinge aceste linii de forță ce se desprind și pornesc în spațiu.

Astfel privite lucrurile efectele produse în mediul înconjurător scad cu distanța (*nu* cu pătratul distanței ca înainte) iar conductorul parcurs de curentul electric alternativ de înaltă frecvență radiază energie în spațiul înconjurător chiar și în lipsa unui colector, — care ar corespunde oarecum cu secundarul transformatorului de care vorbeam mai sus. Prin urmare dacă am măsura energia cheltuită pentru alimentarea circuitului și energia cheltuită pentru încălzirea lui (prin trecerea curentului electric), vedem că această din urmă energie e mai mică. Constatăm așa dar că lipsește o anumită cantitate de energie pe care nu o putem regăsi pentru moment, căci n'a fost transformată în niciuna din formele obișnuite: lumină, căldură, reacții chimice, lucru mecanic. Energia care lipsește a fost transformată în energie radiată în formă de unde electromagnetice. Cu cât curentul își schimbă sensul mai repede, cu alte cuvinte cu cât își ridică frecvența cu atât crește energia astfel radiată. Energia radiată în formă de unde electromagnetice crește cu pătratul frecvenței.

Prin urmare pentru a radia cât mai multă energie trebuie să întrebuințăm frecvențe cât mai ridicate. Iată de ce radiocomunicațiile nu se fac și nu se pot face cu frecvențe joase ci numai cu frecvențe înalte.

Așa dar radiocomunicațiile se bazează pe un fenomen, — să zicem «secundar» ale inducției clasice, fenomen care o completează întotdeauna, e neglijabil pe frecvențele joase și devine predominant pe măsură ce se mărește frecvența.

Dar fără formule matematice nu putem completa această explicație și demonstrația matematică nu-și găsește locul în cadrul restrâns al lucrării de față.

PARTEA I-a

NOȚIUNI DE TEMEIU

Înainte de a intra în studiul radioelectricității trebuie să împrăștiăm noțiunile fundamentale să le precizăm, să le adâncim, să le completăm. Buna înțelegere a unităților electrice, a câtorva legi și relații mai importante va încheia baza trebuincioasă pentru dezvoltările ulterioare.

Capitolele ce urmează constituie întrucâtva și un tablou de referință la care cititorul se va întoarce ori de câte ori va avea nevoie.

CAPITOLUL II

CURENTUL CONTINUU

ELECTRONUL

Particula de electricitate negativă

Materia este alcătuită din molecule, moleculele din atomi, iar atomii, au ca elemente constitutive principale, particule de electricitate pozitivă, *protonii* și particule de electricitate negativă, *electronii*.

Protonii au o masă mai mare și formează miezul atomului care este așa dar pozitiv.

Electronii au o masă mai mică, sunt mai mobili și se învârtesc în jurul miezului ca planetele în jurul soarelui.

Masa electronului este de 1847 (± 2) ori mai mică decât masa atomului de hidrogen. Electronii tuturor elementelor sunt identici.

IONII

Atomi sau grupuri de atomi încărcăți cu electricitate

Atomul considerat în întregime este neutru, întrucât sarcina negativă a electronilor (din cari unii se află și în miezul atomului) anulează sarcina pozitivă a protonilor.

Dar electronii planetari pot părăsi atomul. Atunci atomul rămâne încărcat pozitiv. Atomul poate avea însă și unul sau mai mulți electroni planetari în plus, și atunci e încărcat negativ. Atomii astfel încărcăți pozitiv sau negativ se numesc ioni. Ei transportă curentul electric în soluțiile electrolitice și în gazele ionizate.

CORPURI BUNE ȘI RELE CONDUCĂTOARE DE ELECTRICITATE

Corpurile care au electroni liberi sunt bune conducătoare de electricitate și se numesc conductori: arama, aluminium, cuprul, etc. Electronii liberi din aceste corpuri se deplasează în spațiile interatomice și intermoleculare și roiesc în toate direcțiile.

Iar corpurile care n'au electroni liberi nu pot conduce electricitatea și se numesc izolatori: sticla, ebonita, mica, etc.

NATURA CURENTULUI ELECTRIC, SENSUL ȘI VITEZA

Deplasările dezordonate ale electronilor liberi, se pot canaliza (parțial) într'o anumită direcție și atunci produc curentul electric. Așa dar curentul electric este o deplasare electronică îndreptată, canalizată, într'o direcție.

Pentru a produce curentul electric se leagă de exemplu un conductor între două puncte electrizate diferit, și astfel electronii se scurg dela un punct la altul.

Electrizarea acestor două puncte se face fie prin frecare, fie de preferință cu o sursă de curent, — bunăoară o pilă electrică, — care menține diferența de electrizare și * pompează * astfel în mod continuu electronii ce se găsesc în conductor făcându-i să circule.

Dar curentul electric poate să rezulte și din deplasarea ionilor în soluții sau în gaze. Ionii negativi produc același efect ca și electronii, pe când ionii pozitivi produc un efect invers, adică deplasarea lor într-o direcție produce același câmp magnetic ca deplasarea sarcinilor negative în sens invers. Așa dar în soluții avem deplasări de ioni pozitivi și negativi în două direcții opuse și efectele lor se însumează. Dar în solidele bune conducătoare de electricitate curentul rezultă numai din deplasări electronice într'un singur sens, și anume dela polul negativ la pozitiv.

E de notat că în tratatele de fizică și de electricitate sensul curentului e considerat tocmai invers, adică dela pozitiv la negativ.

Nepotrivirea se explică prin faptul că acest din urmă sens a fost ales în mod arbitrar cu multe decenii în urmă când nu se cunoștea natura curentului electric, — pentru a putea formula diferite legi de electromagnetism. Această convenție odată stabilită a rămas în picioare. Dar sensul adevărat al curentului în solide este *dela negativ la pozitiv*.

Viteza curentului electric e de aproape 300.000 de km pe secundă, cu toate că viteza electronilor e mult mai mică circa 1000 km pe secundă, iar viteza de translație a electronilor e și mai mică, de ordinul centimetrilor. Dar viteza de translație începe aproape instantaneu pe tot circuitul și această mișcare se propagă cu viteza de aproape 300.000 km pe secundă. Se poate compara circuitul electric cu o sfoară întinsă iar deplasarea sfoarei cu apariția curentului electric. Deși deplasarea poate fi foarte înceată ea apare aproape instantaneu pe toată întinderea sforii.

COULOMB

Unitatea de cantitate de electricitate

Un corp care are un surplus de electroni e încărcat negativ iar un corp căruia îi lipsesc electroni e încărcat pozitiv.

Când numărul de electroni, — în plus sau în minus, — e de $6,28 \times 10^{18}$, corpul e încărcat cu o cantitate de electricitate egală cu un 1 coulomb.

Coulombul este așa dar unitatea de cantitate de electricitate după cum de exemplu $34,2 \times 10^{24}$, molecule de apă formează un litru, și constituie unitatea de cantitate de apă.

Este evident că definițiile de mai sus n'au un caracter practic, căci nimenea nu poate număra electronii și atomii cum ar număra de exemplu bile sau cărămizi, — și chiar dacă s'ar putea face numărătoarea, ar dura mii și mii de ani. Dar prin aceste definiții ne-am fixat ideile și am stabilit o comparație care deși nu e tocmai exactă va fi foarte folositoare mai departe.

Unitatea de cantitate de electricitate se măsoară în practică prin cantitatea de substanță ce se depune într'o baie electrolitică prin trecerea curentului.

Coulombul este cantitatea de electricitate care depune 1,118 miligrame de argint, trecând printr'o soluție apoasă de nitrat de argint.

De notat că în definiția de mai sus nu se spune în cât timp trebuie să se facă această operație.

A M P E R

Unitatea de intensitate de curent

După cum intensitatea unui curent de apă se măsoară prin debit, și se exprimă prin numărul de litri ce trec în fiecare secundă printr'o secțiune a vânei de apă, — tot astfel și curentul electric se măsoară cu cantitatea de electricitate care trece printr'o secțiune și se exprimă prin numărul de coulombi pe secundă.

Amperul este intensitatea unui curent care debitează un coulomb pe secundă.

Mai putem spune că e intensitatea curentului care depune 1,118 miligrame de argint *pe secundă*, — trecând printr'o soluție apoasă de nitrat de argint.

FORȚA ELECTROMOTRICE

Dacă legăm printr'o sârmă un corp încărcat pozitiv de altul încărcat negativ se naște un curent electric care încetează după foarte scurtă vreme de îndată ce ambele corpuri au ajuns la aceeași « concentrație » electronică.

Pentru a menține curentul, cele două corpuri trebuie menținute în starea lor de electrizare. Aceasta se face de sursele de curent, — de exemplu o pilă electrică, — care produc o forță electromotrice, care « pompează » electronii.

Forța electromotrice este cauza sau acțiunea capabilă să menție o diferență de tensiune electrică între două puncte ale unui circuit deschis, sau de a întreține un curent electric într'un circuit închis.

Forța electromotrice se poate produce în mai multe feluri:

1. Prin *reacții chimice*, pile și acumulatori.
2. *Termocuplu*, prin încălzirea contactului între doi conductori de diferite materiale.
3. Pe cale *electromagnetică*, prin tăierea unui conductor cu linii de forță magnetice.
4. Pe cale *electrostatică*, prin mașini de frecare și inducție electrostatică (Wimshurst, etc.).
5. Prin *celule fotoelectrice*.

DIFERENȚA DE POTENȚIAL

Diferența de potențial, este diferența de electrizare pe care o produce curentul prin trecerea sa între două puncte ale circuitului electric.

De notat reversibilitatea fenomenului: forța electromotrice (diferența de electrizare) produce curent, curentul la rândul lui produce o diferență de electrizare între punctele prin cari circulă. Suma diferențelor de potențial dintr'un circuit, este egală cu forța electromotrice, fig. 1.

Pentru a rezuma cele de mai sus, se poate spune că forța electromotrice e cauza curentului iar diferența de potențial e efectul curentului.

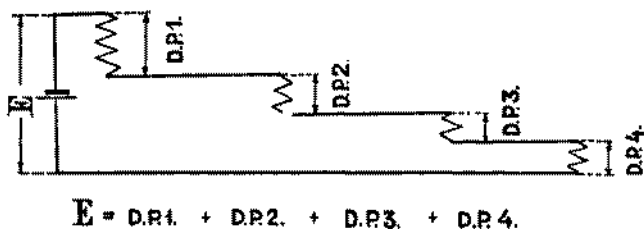
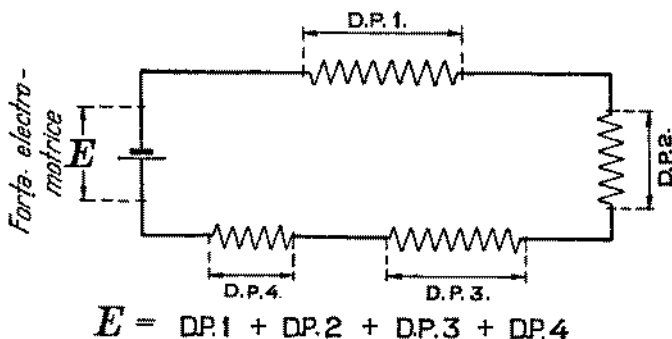


Fig. 1. — Forță electromotrice și diferență de potențial.

VOLT

Unitatea de forță electromotrice și de diferență de potențial

După cum căderea unui litru de apă dela un nivel la alt nivel produce un anumit lucru tot astfel și trecerea unui coulomb dela o tensiune electrică la altă tensiune mai mică produce de asemenea un anumit lucru.

Voltul este acea diferență de tensiune electrică care face ca fiecare coulomb să producă un lucru de un joule ¹⁾ când trece dela o tensiune la alta.

O H M

Unitatea de rezistență electrică

După cum țevile opun o rezistență la trecerea apei, producând pierderi prin frecare care se transformă în căldură, tot astfel și sârmele opun o rezistență curentului electric și se încălzesc prin ciocnirile dintre electroni și atomi.

Unitatea de rezistență electrică este aceea care produce o încălzire echivalentă cu un joule, la trecerea fiecărui coulomb. Așa dar, *ohmul este rezistența care lasă să treacă un curent de un amper sub o diferență de potențial de un volt.*

În deosebire de unitățile oarecunui abstracte considerate până aci, coulomb, amper, volt, — ohmul este o unitate care poate fi definită și într'un mod concret.

Ohmul este rezistența unei coloane de mercur cu secțiunea de 1 mm², lungă de 106,3 cm. la 0° centigrade.

De notat că în această definiție nu intră niciuna din unitățile anterioare.

LEGEA LUI OHM

Există o relație foarte simplă între ultimele trei unități, amper, volt, ohm, — cunoscută sub numele de legea lui Ohm.

Intensitatea curentului într'un circuit dat, este cu atât mai mare cu cât voltajul aplicat e mai mare și cu cât rezistența ohmică e mai mică. Această constatare oarecum firească se exprimă astfel:

$$I = \frac{E}{R}$$

¹⁾ 1 joule = $\frac{1}{9,81}$ = 0,102 kilogrametri.

sau

$$E = IR$$

În care

 I = intensitatea curentului în amperi. E = forța electromotrice în volți și R = rezistența în ohmi.

ceea ce înseamnă că dacă dispunem de o anumită forță electromotrice E , produsul — curent înmulțit cu rezistență — rămâne constant, adică pe măsură ce crește rezistența se micșorează intensitatea curentului și vice-versa.

Mai rezultă din formulele de mai sus că rezistența e raportul constant dintre forța electromotrice aplicată și curentul rezultat:

$$R = \frac{E}{I}$$

Dar rezistența mai poate fi exprimată și altfel, prin dimensiunile fizice ale conductorului și prin natura materialului, precum am văzut mai sus, la a doua definiție a ohm-ului.

Rezistența depinde în primul rând de natura materialului, care se exprimă printr'un coeficient ρ și în al doilea rând de forma lui. Rezistența e cu atât mai mare cu cât conductorul e mai lung și cu cât secțiunea sa e mai mică.

Avem

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

în care

 R rezistența conductorului în ohmi.

ρ rezistența specifică ¹⁾, exprimată de exemplu pe unitate de lungime în kilometri și unitate de secțiune în mm².

¹⁾ Rezistența specifică se mai numește și *rezistivitate*.

l lungimea, — exprimată pentru coeficientul de mai sus în kilometri.

s suprafața secțiunii, — exprimată pentru coeficientul de mai sus în mm^2 .

Iată câteva valori pentru ρ ($\ast l \ast$ în km $\ast s \ast$ în mm^2):

Argint	16 rez. de	0,94	ori mai mare decât	cuprul
Cupru industr.	17	*		
Aluminiu . .	30	*	1,76	*
Nichelină . .	40	*	2,35	*
Fier	103	*	6,05	*
Plumb	207	*	12, 2	*
Mercurul . . .	950	*	55, 9	*

Exemplu numeric. Care este rezistența unei sârme de aluminiu de 0,2 cm diametru, lungă de 875 m? Ce curent va trece prin această sârmă dacă i se aplică la capete o forță electromotrice de 4 volți?

Exprimând suprafața secțiunii în mm^2 și lungime în Km. avem

$$R = 30 \times \frac{0,875}{3,14} = 8,35 \text{ ohmi}$$

$$I = \frac{4}{8,35} = 0,478 \text{ amperi}$$

Legarea rezistențelor în serie și în paralel

Din cele de mai sus rezultă că două rezistențe identice legate în serie, adică una după alta, dau o rezistență rezultantă dublă, căci $\ast l \ast$ s'a dublat pe când ceilalți doi factori au rămas neschimbați. Trei rezistențe în serie, dau o rezistență triplă, ș. a. m. d. În concluzie, rezistențele se adună.

Dacă legăm acum două rezistențe identice în paralel, adică una lângă alta, rezistența rezultantă scade la ju-

mătate, căci la suprafața primei secțiuni am adăugat suprafața celei de a doua secțiuni, așa încât suprafața secțiunii s'a dublat.

Trecând la cazuri mai complexe și generalizări, ajungem la următoarele formule din fig. 2:

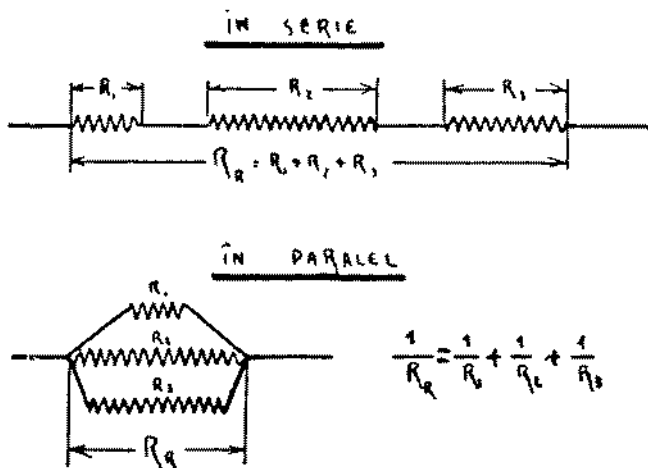


Fig. 2. — Legarea rezistențelor în serie și în paralel.

Rez. legate în serie

$$R_R = r_1 + r_2 + r_3 + \text{etc.}$$

Rez. legate în paralel

$$\frac{1}{R_R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \text{etc.}$$

în care R_R e rezistența rezultată.

De notat că inversul rezistenței se mai numește și conductanță și se exprimă în *Mho* (inversul cuvântului Ohm)¹⁾.

$$Mho_R = Mho_1 + Mho_2 + Mho_3 + \text{etc.}$$

Adică conductanța rezultantă este egală cu suma conductanțelor componente. Avem așa dar aceeași formulă ca la legarea rezistențelor în serie.

Exemplu numeric. Care va fi intensitatea curentului ce trece printr'o rezistență de 2 ohmi legată de o baterie care produce o forță electromotrice de 10 volți și are o rezistență interioară de 3 ohmi? (fig. 3).

Curentul va fi egal cu $I = \frac{10}{3 + 2} = 2$ amperi.

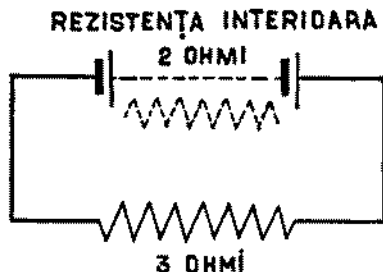


Fig. 3. — Rezistența în serie.

J O U L E

Unitate de lucru

1 Joule este egal cu $1/9,81 = 0,102$ kilogrametri.

E lucrul pe care-l face un coulomb când coboară la o diferență de nivel, — sau de tensiune — egală cu 1 volt.

¹⁾ Inversul rezistenței specifice (rezistivitate) se numește conductibilitate.

W A T T

Unitatea de putere

Un watt este un joule pe secundă, deci 1/9,81 kilogrametri pe secundă.

Dar se mai întrebuințează și altă unitate de putere, calul.

Un cal putere corespunde cu 75 kilogrametri pe secundă.
Deci

$$1 \text{ cal putere} = \frac{75}{0,102} = 736 \text{ wați} = 0,736 \text{ kilowați.}$$

sau

$$1 \text{ kw.} = 1,36 \text{ cai putere.}$$

Legea lui Joule

Căldura produsă într'o rezistență prin trecerea curentului depinde de intensitatea curentului și de mărimea rezistenței.

Un același curent produce o încălzire mai mare într'o rezistență mai mare, căci «frecarea» e mai mare. De asemenea încălzirea va fi mai mare pe măsură ce crește curentul. Aceste concluzii sunt evidente. Dar pentru o exprimare precisă trebuie să ne întoarcem la definițiile anterioare.

După cum lucrul făcut într'un circuit hidraulic este egal cu numărul de litri sau de kilograme de apă care au coborât dela un nivel la altul și se exprimă în kilogrametri

$$\text{kilogrametri} = \text{kilograme} \times \text{metri},$$

iar puterea se exprimă prin lucrul făcut în unitate de timp
lucru = kilogrametri pe secundă

tot astfel avem și în electricitate

$$\text{lucru} = \text{coulombi pe secundă} \times \text{volți}$$

$$\text{watt} = \text{amperi} \times \text{volți}$$

(1 joule pe secundă)

(1)

Dar

volt = amper. \times rezistență

Inlocuind această valoare a voltajului în (1) avem:

watt = amperi² \times rezistență.

Așa dar

$$W = I^2 R$$

O formulă foarte importantă, care exprimă puterea în wați în funcție de intensitatea curentului și de rezistență.

Iar căldura produsă prin trecerea unui curent e dată de formula:

$$Q = k I^2 R t$$

în care

Q = cantitatea de căldură dezvoltată în calorii gram.

$k = 0,239$, un coeficient determinat experimental.

I = intensitatea curentului în amperi.

R = rezistența în ohmi

t = timpul în secunde

F A R A D

Unitatea de capacitate electrică

Capacitatea este măsura unui condensator electric. Acesta constă din două plăci bune conducătoare de electricitate, așezate față în față și despărțite printr'un corp izolator numit în acest caz dielectric (fig. 4).

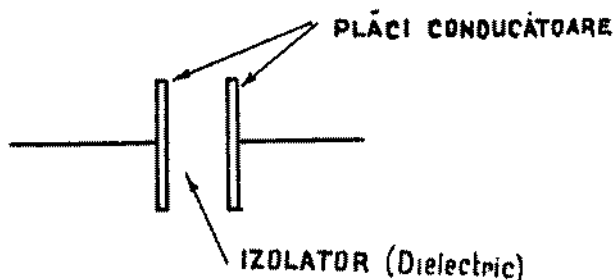


Fig. 4. — Condensatorul.

Condensatorul poate fi considerat ca un rezervor de electroni, sau mai exact ca un rezervor de energie.

O comparație mecanică va lămurii definiția faradului care e dată mai departe.

Capacitatea unui rezervor de gaz poate fi exprimată prin raportul constant între cantitatea de gaz ce cuprinde rezervorul și presiunea la care se află acest gaz. Așa de exemplu un rezervor de 1 m³ cuprinde:

1	kg.	de aer	la o	presiune	de	1	atmosferă	
2	*	*	*	*	*	*	2	atmosfere
3	*	*	*	*	*	*	3	» ș. a. m. d.

Un rezervor de 2 m³ cuprinde

1	kg.	de aer	la o	presiune	de	0,5	atmosfere	
2	*	*	*	*	*	*	1	»
3	*	*	*	*	*	*	1,5	» ș. a. m. d.

Așa dar

$$\text{capacitatea} = \frac{\text{cantitatea de aer}}{\text{presiune}}$$

În primul exemplu de mai sus găsim întotdeauna raportul 1, iar în al doilea exemplu raportul 2.

De asemenea capacitatea electrică se exprimă astfel:

$$\text{capacitatea} = \frac{\text{cantitatea de electricitate}}{\text{tensiunea sub care se afla}}$$

sau

$$\text{Farad} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$$

Faradul este capacitatea care înmagazinează o cantitate de electricitate egală cu un coulomb, sub o tensiune de 1 volt.

Faradul fiind o capacitate foarte mare, se întrebuițează mai mult submultipli săi, de obicei $\mu F = 1/1.000.000$ sau o altă unitate cunoscută sub numele de *centimetru*.
Avem

$$1/1000 \mu F = 900 \text{ cm.}$$

În Anglia se mai întrebuițează și unitatea « jar »

$$1 \text{ jar} = 1000 \text{ cm.}$$

Dar condensatorul este în fond un rezervor de energie electrică, înmagazinată în formă de câmp electrostatic. Definiția energetică a faradului este următoarea:

Faradul este capacitatea unui condensator care înmagazinează în formă de câmp electrostatic o energie de $\frac{1}{2}$ jouli sub o tensiune de 1 volt.

De notat că energia e de jumătate joul și nu de 1 joul întreg, pentru simplul motiv că tensiunea scade treptat în timpul descărcării dela 1 volt la 0, așa încât tensiunea mijlocie sub care se face descărcarea coulombului este de $\frac{1}{2}$ volt și ca atare lucrul făcut e de $\frac{1}{2}$ jouli.

Dacă se schimbă dielectricul capacitatea condensatorului se schimbă și ea. Dacă noul izolator dă o capacitate de trei ori mai mare decât avea condensatorul cu aer¹⁾, spunem că acel izolator are o constantă dielectrică 3. Dacă capacitatea crește de 5 ori, avem o constantă dielectrică 5, ș. a. m. d.

Iată câteva constante dielectrice:

Ebonita	2—3
Sticla	4—10
Hârtie uscată	1, 5
Mica	5
Parafina	2—2,3

Capacitatea unui condensator e dată de formula

$$C = \frac{KS}{4\pi d}$$

¹⁾ Din cele de mai sus rezultă că aerul are o constantă dielectrică 1.

Lucrul acesta nu este riguros exact, întrucât nu aerului ci vidului i s'a atribuit, — în mod arbitrar — constanta dielectrică 1. Aerul are constanta dielectrică 1,0006, adică o valoare foarte apropiată de 1, și în practică nu se ține seamă de zecimală.

în care

C = capacitatea în cm.

K = constanta dielectrică.

S = suprafața unei plăci în cm².

d = distanța dintre plăci în cm.

Legarea condensatorilor în serie și în paralel

Din formula de mai sus reiese că doi condensatori legați în paralel formează o capacitate rezultantă egală cu suma capacităților lor:

$$C_R = C_1 + C_2 + C_3 + \text{etc.}$$

iar capacitatea ce rezultă prin legarea mai multor capacități în serie este egală cu

$$\frac{1}{C_R} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \text{etc.}$$

De notat că formulele sunt la fel cu cele pentru legarea rezistențelor în serie și în paralel, numai că se aplică invers.

HENRY

Unitatea de inducție

Inducția este o prescurtare a termenului «coeficient de inducție» care exprimă efectul magnetic produs de un circuit prin trecerea curentului electric.

Inducția este raportul constant între fluxul magnetic ¹⁾ produs de un curent și intensitatea sa.

Henry-ul este inducția unui conductor care străbătut de un curent de 1 amper, înmagazinează în formă de flux magnetic o cantitate de energie de $\frac{1}{2}$ joule.

¹⁾ Fluxul magnetic este numărul liniilor de forță ce trec printr-o suprafață.

Înmagazinarea acestei energii se face pe seama curentului care crește treptat la stabilirea contactului; iar în momentul întreruperii, energia fluxului magnetic e restituită în forma unui curent suplimentar (fig. 5). Acest

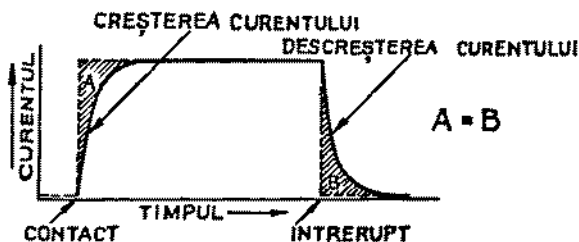


Fig. 5. — Trecerea curentului continuu printr-o inductanță la stabilirea contactului și la întreruperea contactului.

schimb de energie, curent-flux și flux-curent se manifestă prin apariția unei forțe electromotrice care se opune curentului când apare și își schimbă sensul pentru a trece în direcția curentului când dispare.

Henry-ul este inductanța care produce o forță electromotrice de un volt când intensitatea curentului variază cu 1 amper pe secundă.

Henry-ul este o unitate foarte mare, în circuitele radio-electrice se întrebuințează mai mult milihenry-ul (1/1000 henry) și microhenry-ul 1/1000.000 henry).

Inductanțele sunt de două feluri:

1. Self-inducanță, sau inductanța în care efectul magnetic e produs chiar asupra circuitului în care circulă curentul și
2. Inductanța mutuală, sau inductanța în care efectul magnetic se produce asupra altui circuit din imediata apropiere. Se zice că aceste două circuite sunt cuplate inductiv.

Inductanța mutuală sau cuplajul se desemnează prin M care nu poate depăși valoarea

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

în care L_1 și L_2 sunt cele două inductanțe.

Câteodată inductanța mutuală se exprimă printr'o fracție care arată valoarea cuplajului față de această valoare maximă și în acest caz se desemnează prin litera «*k*».

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

k variază așa dar între 0 și 1.

Legarea inductanțelor în serie și în paralel, când nu există cuplaj între ele

Se aplică aceleași formule ca la legarea rezistențelor în serie și în paralel (fig. 2).

Inductanțele cuplate și legate în serie

Avem

$$L_R = L_1 + L_2 \pm 2 M$$

în care *M* este inductanța mutuală care se adună sau se scade după sensul relativ al curentului din cele două bobine.

Inductanțe cuplate și legate în paralel

Avem

$$L_R = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2 M} \quad \text{sau} \quad L_R = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2 M}$$

după cum sensul cuplajului e pozitiv sau negativ.

Calcularea inductanțelor

Valoarea inductanței depinde de numărul și de mărirea spirelor și de permeabilitatea miezului, — în cazul inductanțelor de joasă frecvență. În cazul inductanțelor de înaltă

frecvență, — fără miez de fier, — inductanța depinde de asemenea de numărul și de mărimea spirelor, dar și de forma bobinei, de felul bobinajului, etc.

Formulele sunt foarte complexe și ca atare nu ne vom opri asupra lor.

Important e faptul că inductanța crește cu diametrul bobinei și cu patratul numărului de spire.

$$L = N^2 \times d \times F$$

în care

L = inductanța

N = numărul de spire

d = diametrul

F = un coeficient care depinde de forma bobinei.

CAPITOLUL III

CURENTUL ALTERNATIV

Ciclu, frecvență, kilociclu, kilohertz

Până aici am considerat numai curentul care circulă într-o direcție, curentul continuu.

Dar mai există un alt fel de curent care circulă când într-o direcție când în direcție opusă. Intensitatea acestui curent crește, deserește, ajunge la 0, își schimbă sensul, erește și deserește din nou și pe urmă ciclul reîncepe iar. Din figura 6 se vede că ciclul e compus dintr-o alternanță pozitivă și alta negativă.

Numărul de cicli pe secundă se numește frecvență.

Astfel curentul dela rețeaua electrică din București își schimbă sensul de 100 ori pe secundă, este așa dar un curent de 50 de cicli, are adică frecvența 50.

Curenții întrebuințați în radio își schimbă sensul mult mai repede. Pentru a-i exprima cu înlesnire se întrebuințază multiplii ciclului.

1 kilociclu = 1.000 cicli.

1 megaciclu = 1.000.000 cicli.

În locul termenilor de mai sus se mai întrebuințează și kilohertz = kilociclu = 1.000 cicli.

megahertz = megaciclu = 1.000.000 cicli.

« Hertz »¹⁾ corespunde așa dar cu « ciclu », sau mai exact cu « ciclu pe secundă ». Dar în limbajul curent, ori de câte ori se vorbește de frecvență, este subînțeles că e vorba de cicli pe secundă.

Intensitatea și voltajul curentului alternativ

Intrucât intensitatea curentului alternativ variază mereu, nu i se poate exprima valoarea în mod practic decât luând o medie. Se atribuie curentului alternativ intensitatea pe care ar avea-o un curent ce produce aceleași efecte termice. Acest curent corespunde cu $\frac{1}{\sqrt{2}}$ din intensitatea maximă a curentului alternativ sinusoidal și se numește *intensitatea efecă*, a curentului alternativ (fig. 6).

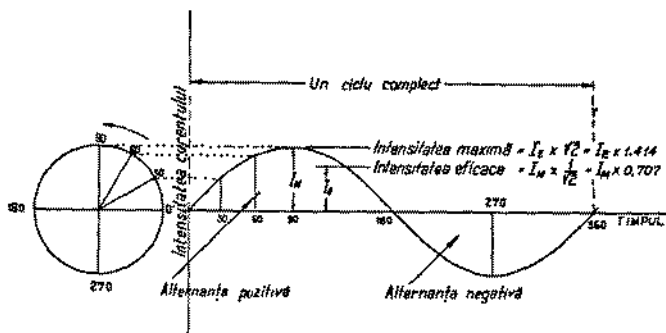


Fig. 6. — Sinusoida curentului alternativ.

¹⁾ Ilustrul fizician care a descoperit undele hertziene.

De notat că valoarea eficace nu este valoarea mijlocie a curentului (care e $\frac{1}{2}$ din max.) ci e rădăcina patrată a valorii mijlocii a tuturor intensităților ridicate la patrat.

Voltajul eficace este de asemenea $\frac{1}{\sqrt{2}}$ din maximul de voltaj alternativ.

Rezistența ohmică și rezistența în înaltă frecvență

Exprimând intensitatea și voltajul curentului alternativ nu prin valorile instantanee ci prin valorile eficace se simplifică foarte mult calculele. Astfel putem aplica legea lui Ohm și legea lui Joule în tocmă ca la curentul continuu.

Așa dar cunoscând de exemplu rezistența ohmică a unui conductor și voltajul eficace ce i se aplică, deducem imediat curentul rezultat (tot valoarea eficace). Putem deduce de asemenea și încălzirea unei rezistențe aplicând legea lui Joule.

Dar legea lui Ohm și implicit legea lui Joule se aplică numai în cazul frecvențelor joase și a rezistențelor ohmice pure, adică fără inductanțe și fără capacități. Când apar capacitățile și inductanțele lucrurile se complică, precum vom vedea în paragraful următor.

Dar să cercetăm mai întâiu ce se întâmplă într'un conductor fără inductanțe și fără capacități, dacă mărim frecvența.

Se constată că rezistența ohmică devine mai mare decât rezultă din legea lui Ohm. Cu alte cuvinte R capătă o valoare nouă care se numește *rezistență în înaltă frecvență*.

Aceasta se datorește faptului că odată cu creșterea frecvenței curentul nu mai este distribuit uniform pe toată suprafața secțiunii conductorului ci se îngrămădește spre suprafața conductorului, din cauza liniilor de forță magnetice care au o intensitate maximă în axul conductorului.

Lucrurile se petrec parcă s'ar fi micșorat secțiunea conductorului, parcă ar fi dispărut, sau mai exact parcă s'ar fi redus partea centrală. Acest fenomen se numește «skin efect», în traducere «efectul de piele», sau cum i se mai zice «efectul de suprafață».

Efectul de suprafață depinde de:

d = diametrul conductorului

f = frecvența

μ = permeabilitatea magnetică

ρ = rezistența specifică

Rezistența în înaltă frecvență e proporțională cu $d \frac{\sqrt{f\mu}}{\rho}$.

De aci se vede între altele că sârma de fier nu este deloc indicată pentru curenții de înaltă frecvență din cauza marelui permeabilități magnetice a fierului.

Creșterea rezistenței este însă și mai mare decât indică formula de mai sus întrucât apar pierderi și în conductorii învecinați cari devin sediul unor curenți Foucault.

În sfârșit mai avem și pierderi în dielectric.

Un condensator nu redă toată energia înmagazinată prin faptul că se produc întotdeauna pierderi. Acestea se manifestă printr'o ușoară încălzire a dielectricului și depind de natura lui. Se poate spune că pierderile se produc numai în dielectricele solide și lichide, nu și în aer. .

Dar și un condensator cu aer trebuie să aibe un dielectric solid la suporturile armăturilor și în acesta se produc întotdeauna oarecari pierderi.

Pe măsură ce se mărește frecvența cresc pierderile considerate mai sus: prin efecte de suprafață, curenți Foucault și pierderi în dielectric. Rezistența în înaltă frecvență poate fi de sute de ori mai mare decât rezistența în curent continuu. Conform legii lui Ohm, mărirea rezistenței micșorează intensitatea semnalelor, și precum vom vedea mai departe reduce și selectivitatea. Ca atare rezistența trebuie redusă pe cât se poate. Pentru

aceasta se iau precauțiuni speciale la realizarea circuitelor de înaltă frecvență: bobinele se construiesc din sârmă mai groasă (fiindcă circulația curentului se face numai la suprafața conductorului), câteodată se întrebuintează fire multiple — liță, — pentru a mări suprafața conductorului, mai ales pentru undele lungi. În sfârșit, spirele se așează într'un anumit fel, se distanțează între ele, precum și față de alte piese. Condensatorii se construiesc de asemenea cu multe precauțiuni, cu dielectric aer, etc., precum vom vedea în capitolul V.

În practică rezistența în înaltă frecvență nu poate fi calculată, dar se poate măsura destul de precis, de exemplu prin metoda rezistenței adiționale dată mai departe în capitolul despre antene.

Trecerea curentului alternativ prin capacități și inductanțe

Dacă se leagă un condensator de o sursă de curent continuu, curentul circulă o clipă pentru a încărca plăcile condensatorului până ce ajung la potențialul sursei și după aceea curentul se oprește (fig. 7). Așa dar curentul continuu nu trece prin condensator.

Dar dacă se leagă condensatorul de sursa de curent alternativ, plăcile se încarcă în timpul unei alternanțe, pe urmă se descarcă și după aceea se încarcă invers în timpul alternanței următoare ș. a. m. d. Așa dar curentul electronic circulă de la sursă la condensator și înapoi, și lucrurile se petrec par că ar trece curentul prin condensator. Putem spune așa dar că un curent alternativ trece prin condensator ¹⁾.

Pentru un anumit voltaj eficace, intensitatea curentului ce trece prin condensator, depinde de capacitatea condensatorului și de frecvență.

¹⁾ Conform concepțiilor lui Maxwell avem un curent și între plăcile condensatorului, dar acest curent nu este electronic sau de conducibilitate ci un așa zis «curent de deplasare».

* Rezistența * pe care o prezintă un condensator trecerii curentului alternativ se numește *reactanță*. În deosehire de rezistența ohmică obișnuită, într'o reactanță nu se

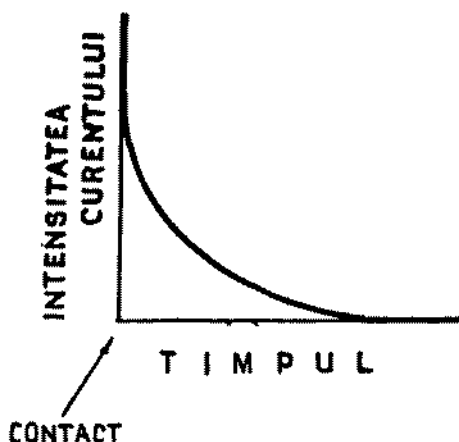


Fig. 7. — Curentul continuu în circuitul unui condensator.

produce căldură, căci reducerea intensității nu este produsă printr'o absorbție de energie ci printr'o stăvilire.

$$\text{Reactanța capacitivă} = \frac{1}{C\omega}$$

în care

C = capacitatea în farazi

$\omega = 2\pi f$ și se mai numește și *pulsafia*
(* f * e frecvența)

iar reactanța capacitivă se exprimă în ohmi. Deși nu este vorba de o producere de căldură, precum am văzut mai sus, reactanța înlocuiește rezistența în legea lui Ohm:

$$I_{\text{eficace}} = \frac{V_{\text{eficace}}}{\frac{1}{C\omega}}$$

Reactanța capacitivă se desemnează adeseori prin X_c , adică

$$\frac{1}{C\omega} = X_c.$$

Exemplu numeric. Să se găsească reactanța capacitivă a unui condensator de 0,000001 farad, pentru o frecvență de 50.

$$\omega = 2\pi \times 50 = 314 \text{ și } \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{0,000001 \times 314} = 3200 \text{ ohmi}$$

Așa dar capacitatea considerată mai sus, de 1 microfarad, se comportă ca o rezistență de 3200 ohmi, pentru curentul industrial de 50 de perioade. Dacă acest curent este dat sub o tensiune eficace de 120 de volți, intensitatea curentului ce va trece prin condensatorul nostru este de

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{3200} = 0,0375 \text{ amperi}$$

Dacă frecvența ar fi fost de 1000, capacitatea de mai sus s'ar fi prezentat ca o rezistență de 160 de ohmi, iar curentul care ar fi trecut prin această rezistență ar fi fost de 0,75 amperi (pentru tensiunea de 120 de volți).

Dacă se leagă o sursă de curent continuu de o inductanță, curentul crește treptat până ce ajunge după un timp foarte scurt la regimul normal, când continuă să circule nestingherit (fig. 5).

Curentul alternativ însă întâmpină o «rezistență» datorită inerției magnetice a inductanței. La fiecare alternanță curentul trebuie să creieze fluxul magnetic care la sfârșitul alternanței creiază la rândul lui o forță electromotrice. «Rezistența» aceasta care nu produce căldură ci doar stăvilește trecerea curentului ca și la condensator, se numește *reactanță inductivă*.

$$\text{Reactanța inductivă} = L\omega$$

în care

L = inductanța în henry

$\omega = 2\pi f$

iar reactanța inductivă se exprimă în ohmi, deși nu e vorba de o producere de căldură, dar reactanța inductivă înlocuiește rezistența din formula lui Ohm:

$$I \text{ eficace} = \frac{V \text{ eficace}}{L\omega}$$

Reactanța inductivă se desemnează adeseori prin X_L adică

$$L\omega = X_L$$

Exemplu numeric. Să considerăm aceeași sursă de curent ca și în cazul precedent, adică rețeaua electrică din București.

$$f = 50$$

$$V = 120$$

și să legăm o inductanță $L = 5$ henry
avem

$$L\omega = 5 \times 314 = 1570 \text{ ohmi}$$

iar intensitatea curentului

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{1570} = 0,0765 \text{ amperi.}$$

Dacă frecvența ar fi fost 1000, inductanța de mai sus ar fi fost echivalentă cu o rezistență de 31.400 ohmi, iar curentul care ar fi trecut prin această rezistență se reducea la 0,00382 amperi.

Relația de fază între curent și voltaj

Când un curent alternativ trece printr-o rezistență ohmică pură, observăm că maximele de curent coincid cu maximele de voltaj. Curentul și voltajul sunt în fază (fig. 8).

Dacă circuitul constă numai dintr'o inductanță pură, curentul rămâne în urmă față de voltaj cu $\frac{1}{4}$ ciclu, sau

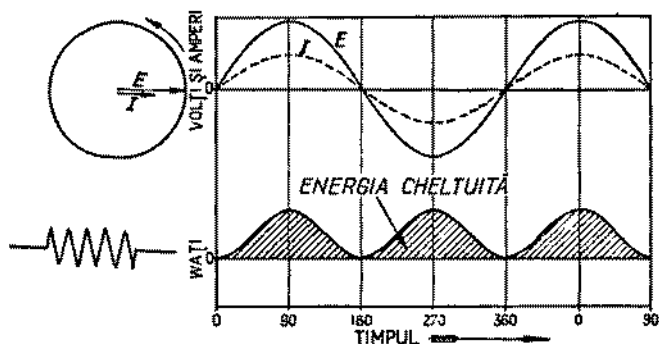


Fig. 8. — Curentul și voltajul într'o rezistență.

90 de grade (fig. 9).

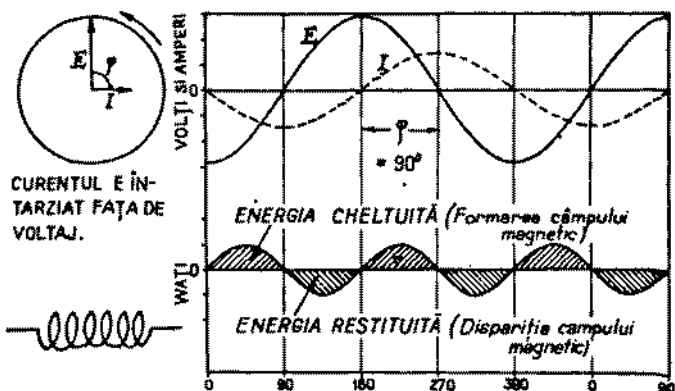


Fig. 9. — Curentul și voltajul într'o inductanță.

Dacă circuitul constă numai dintr'o capacitate pură,

curentul trece înaintea voltajului cu $\frac{1}{4}$ ciclu, sau 90 grade (fig. 10).

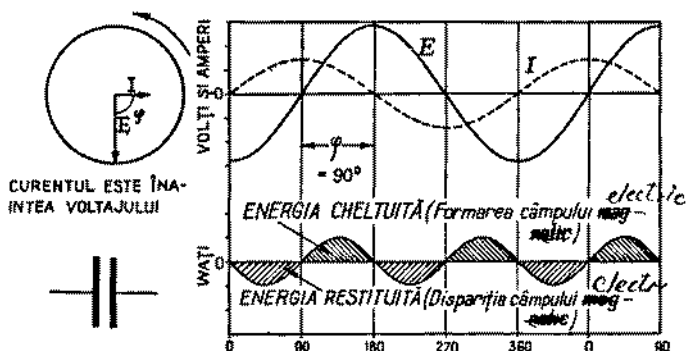


Fig. 10. — Curentul și voltajul într'un condensator.

Factorul de putere. Este raportul între energia cheltuită de curent — măsurată cu un wattmetru — și produsul curent înmulțit cu voltaj.

Avem

$$\frac{W}{EI} = \text{factor de putere}$$

și se constată că acest raport este egal cu

$$\frac{W}{EI} = \cos \varphi$$

adică cosinusul unghiului de defazare între curent și voltaj.

Astfel se explică faptul că într'un condensator pur nu se absoarbe energie, căci avem

$$\cos \varphi = \cos 90^\circ = 0$$

iar în cazul inductanței

$$\cos \varphi = \cos 270^\circ = 0$$

acești curenți se mai numesc curenți dewatați.

În cazul când curentul și voltajul sunt în fază, avem

$$\varphi = 0 \text{ și } \cos \varphi = 1$$

deci

$$I \times V = W$$

Impedanța

Impedanța este «rezistența» rezultantă a unui circuit electric în care avem: rezistență ohmică, capacitate și inductanță.

Să considerăm întâi o capacitate și o rezistență în serie (fig. 11) și o inductanță în serie cu o rezistență (fig. 12).

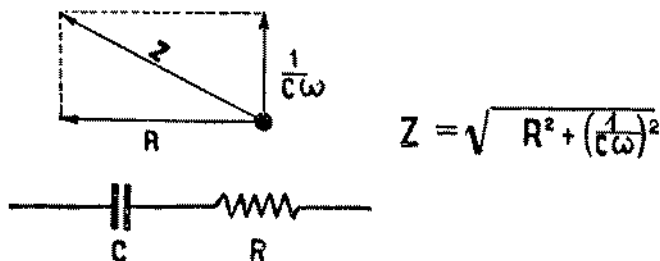


Fig. 11. — Capacitatea și rezistența în serie.

Să luăm acum o reactanță capacitivă și o reactanță inductivă. Ele se însumează prin scădere, — cu alte cuvinte reactanța rezultantă este diferența celor două reactanțe (fig. 13).

Avem așa dar

$$\text{reactanța rezultantă} = \frac{1}{C\omega} - L\omega$$

Dacă luăm acum toate trei elementele în serie, ajungem la fig. 14.

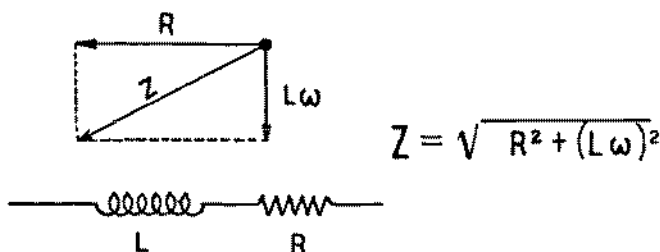


Fig. 12. — Inductanța și rezistența în serie.

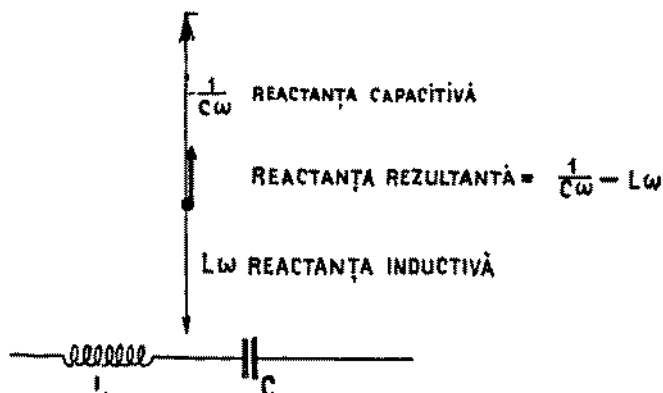


Fig. 13. — Inductanța și capacitatea în serie.

Este evident că avem următoarea relație:

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

Iată prin urmare formula generală a « rezistenței » pe care o prezintă un circuit complet. Impedanța se reprezintă prin Z .

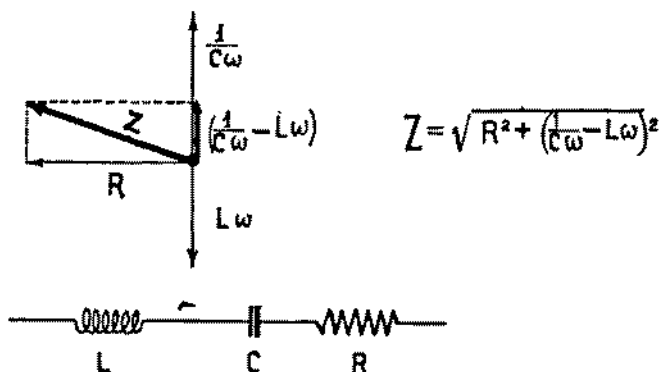


Fig. 14. — Inductanța, capacitatea și rezistența în serie.

Impedanța înlocuiește rezistența în formula lui Ohm ca și reactanțele capacitive și inductive precum am arătat mai sus.

Așa dar,

$$I = \frac{E}{Z} \quad \text{sau} \quad Z = \frac{E}{I}$$

Prin urmare, impedanța se mai poate defini ca raportul între forța electromotrice aplicată și curentul rezultat (valori eficace). Din fig. 12 putem calcula și factorul de putere.

Intr'adevăr

$$\cos \varphi = \frac{\text{reactanța rezultantă}}{\text{rezistența ohmică}}$$

Rezumând cele de mai sus cu simbolurile prescurtate avem

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

când legăm în serie o rezistență ohmică cu o reacțanță capacitivă sau inductivă.

Iar când legăm în serie cele trei elemente considerate mai sus, rezistență, capacitate și inductanță, avem formula generală

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Exemplu numeric. Să combinăm cele două exemple numerice precedente la care vom adăuga o rezistență ohmică de 70 ohmi.

Avem

E	120 volți
f	50 cicluri pe secundă, deci pulsația, $\omega = 2\pi \times 50 = 314$
L	5 henry
C	0,000001 farad
R	70 ohmi

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

$$\sqrt{70^2 + \left(5 \times 314 - \frac{1}{0,000001 \times 314}\right)^2} = 177 \text{ ohmi}$$

De notat că impedanța aceasta (de 177 ohmi) e mai mică decât reacțanța capacitivă (3200 ohmi) și decât reacțanța inductivă (1570 ohmi), însă e mai mare decât rezistența ohmică (70 ohmi).

Așa dar intensitatea curentului care trece prin capacitatea de un microfarad și inductanța de 5 henry puse în serie, va fi mai mare decât intensitatea curentului care trece prin fiecare din aceste două elemente luate în parte. Pentru capacitate am găsit un curent de 0,0375 amperi, pentru inductanță am găsit un curent de 0,0765 amperi, pentru rezistența de 70 ohmi găsim după legea lui Ohm, 1,71 amperi, iar dacă considerăm toate aceste trei elemente în serie, ele prezintă o impedanță de 177 ohmi,

precum am văzut mai sus, și vom avea un curent de intensitatea

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{177} = 0,62 \text{ amperi}$$

Rezistență și reactanță în paralel

În cazul când legăm o rezistență în paralel cu o reac-tanță, — inductivă sau capacitivă, — fiecare element își va lua curentul cuvenit. Rezistența va lua un curent egal cu $\frac{E}{R}$ iar impedanța va lua un curent egal cu $\frac{E}{X}$.

Cum însă voltajele acestor două elemente nu sunt în fază adunarea lor nu se poate face pe cale aritmetică, adică

$$E = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{X} \right)$$

ci trebuie să se facă pe cale vectorială. Considerând cazul reactanțelor pure decalate cu 90° avem

$$I = E \sqrt{\left(\frac{1}{R} \right)^2 + \left(\frac{1}{X} \right)^2}$$

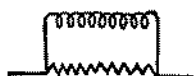
deci impedanța rezultantă e

$$\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R} \right)^2 + \left(\frac{1}{X} \right)^2}}$$

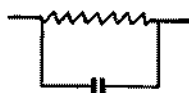
sau, într'o formă mai simplă

$$Z = \frac{XR}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

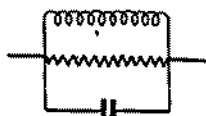
Aplicând această formulă ajungem la expresiile din fig. 15.



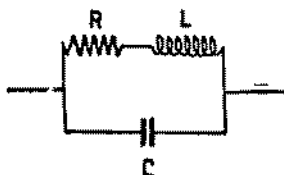
$$Z = \frac{L\omega R}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}}$$



$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$



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



$$Z = \frac{WL}{\sqrt{(1 - \omega^2 LC)^2 + (R\omega C)^2}}$$

IAR LA REZONANȚĂ

$$Z_0 = \frac{L}{CR} = \text{REZISTENȚA DINAMICĂ}$$

Fig. 15. — Rezistența și reactanța în paralel.

CAPITOLUL IV

CIRCUITUL ACORDAT

Frecvență de rezonanță, formula lui Thomson

Formulele de mai sus prezintă un caz special de o importanță covârșitoare în radio:

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

Când această relație e satisfăcută spunem că circuitul e acordat, impedanța este minimă și egală cu rezistența ohmică a circuitului considerat, întrucât se anulează paranteza de sub radical din formula impedanței (fig. 14).

Relația $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ se poate scrie

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{CL}}$$

sau

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

care este formula lui Thomson în care

f = frecvența de rezonanță în cicli pe secundă

L = inductanța în henry

C = capacitatea în farazi

Acastă formulă se mai scrie în funcție de lungimea de undă produsă:

$$\lambda = 1885 \sqrt{LC}$$

în care

λ reprezintă lungimea de undă în metri și este egal cu

$$\frac{300.000.000}{f}$$

(300.000.000 de metri pe secundă fiind viteza de propagare a undelor herziene)

iar

L e exprimat în *microhenry*

și

C e exprimat în *microfarari*.

Să considerăm fig. 16 în care un generator produce succesiv diferite frecvențe, la un voltaj eficace constant.

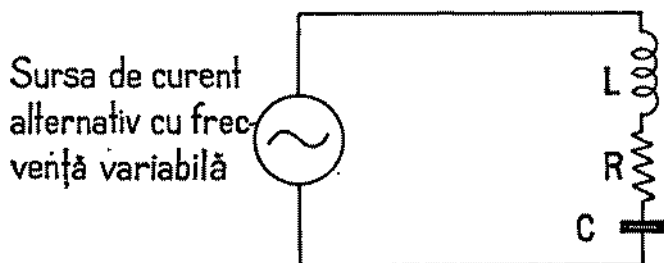


Fig. 16. — Montajul pentru trasarea curbei de rezonanță.

Vom observa că pentru o anumită frecvență intensitatea curentului este maximă. Aceasta este *frecvența de rezonanță* dată de formula lui Thomson, când intensitatea curentului e determinată numai de rezistența ohmică.

Dacă notăm intensitatea curentului la diferite frecvențe, găsim valorile reprezentate în curba din fig. 17. Iar dacă înlocuim rezistența R printr'o altă rezistență mai mică r obținem curba de rezonanță r din aceeași figură. Așa dar micșorarea rezistenței ascute curba de rezonanță. Această constatare este de o importanță covârșitoare în radio. Curbele de rezonanță se pot calcula ușor cu ajutorul formulelor date mai sus.

Amplificarea de tensiune, calitatea unei bobine Q

Voltajul la capetele inductanței sau a capacității poate fi mai mare decât voltajul aplicat la capetele întregului circuit.

Aceasta se poate vedea ușor dintr'un exemplu numeric. Fie $E = 5$ milivolți și $R = 10$ ohmi. După legea lui Ohm curentul rezultat va fi de 0,5 miliamperi. Să luăm acum

frecvența de

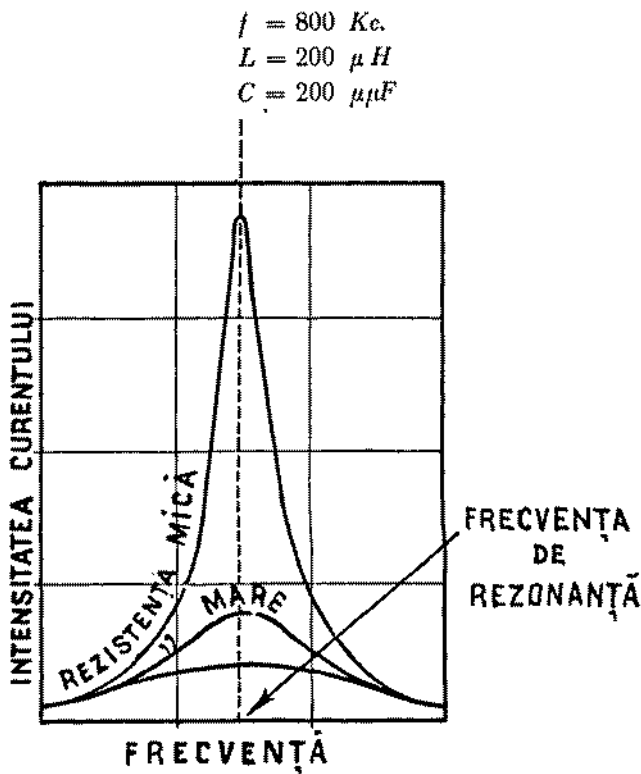


Fig. 17. — Curba de rezonanță pentru două circuite cu rezistențe diferite.

Aceste din urmă valori au la frecvența dată reactanțe de câte 1000 ohmi.

Aplicând iar legea lui Ohm avem $E = I R = 0,5 \times 1000 = 500$ volți, adică de 100 de ori voltajul aplicat de sursă.

Amplificarea astfel obținută depinde de curent înmulțit cu reactanța bobinei. Cum însă curentul e $\frac{E}{R}$ avem

$$\frac{E}{R} \times \omega L$$

asa dar pentru o forță electromotrice dată, amplificarea de voltaj depinde de raportul

$$\frac{\omega L}{R}$$

Acest raport dintre reactanța și rezistența bobinei e o relație foarte importantă și se exprimă de obicei prin litera «*Q*» care dă o măsură a calității unei bobine.

«*Q*» este aproape independent de frecvență, întrucât rezistența în înaltă frecvență crește aproximativ cu frecvența.

Bobinele întrebuințate în radio au valori cuprinse cam între 50 și câteva sute. Bobinele bune au pe *Q* egal cu 150 sau 200.

Circuitul acordat închis

Dacă elementele *L*, *C* și *R* se montează într'un circuit ce se închide pe sine însăși, se formează un circuit acordat închis (fig. 18), care se mai numește circuit oscilant.



Fig. 18. — Circuit acordat închis.

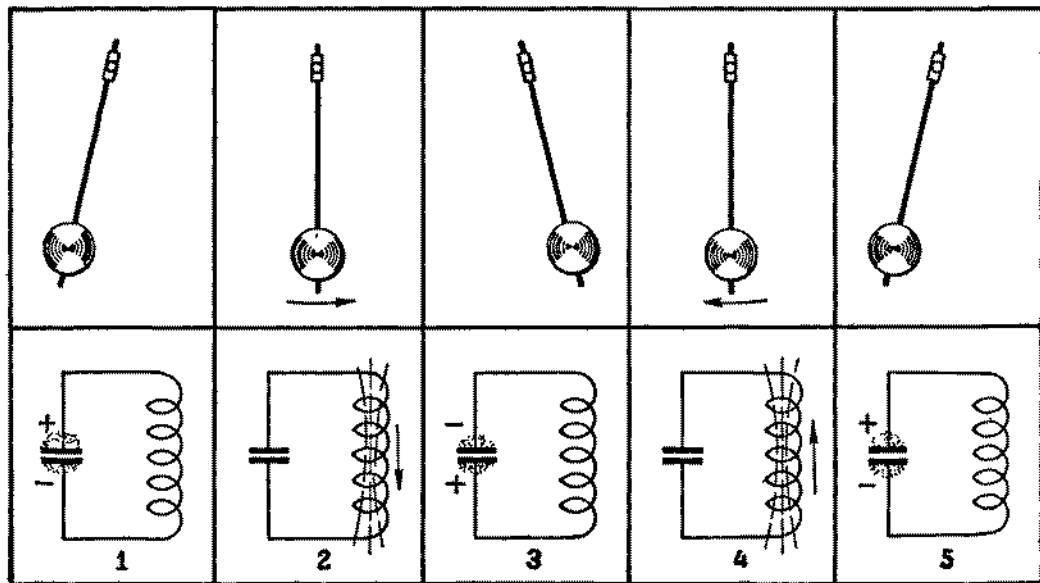


Fig. 19. — Circuitul oscilant.

www.dacoromanica.ro

Dacă se produce acum un curent în acest circuit, — de exemplu prin inducție, — curentul circulă întâi într'un sens, până încarcă condensatorul; pe urmă condensatorul se descarcă și astfel curentul circulă în sens invers. După ce condensatorul s'a descărcat complet, curentul tot mai circulă în virtutea inerției care se datorește câmpului magnetic ce însoțește inductanța. Astfel după ce condensatorul s'a descărcat, se încarcă invers, ș. a. m. d.

Fazele succesive sunt reprezentate în fig. 19 în comparație cu oscilațiile unui pendul.

După cum frecvența unui pendul e determinată de lungimea firului și de accelerația gravitației, tot astfel frecvența curentului oscilant e determinată precum am văzut mai sus de valoarea inductanței și a capacității.

După cum energia pendulului e înmagazinată când în formă de energie cinetică, când în formă de energie potențială, tot astfel și energia din circuitul oscilant e înmagazinată când în formă de câmp magnetic, când intensitatea curentului e maximă și încărcarea condensatorului e zero, momentele 2 și 4 — când în formă de câmp magnetic, când intensitatea curentului scade la zero și condensatorul ajunge la încărcătura maximă, în momentele 1, 3 și 5.

Frecvența proprie a circuitului oscilant, sau frecvența de rezonanță este firește frecvența aceea pentru care curentul întâmpină rezistența minimă, frecvența dată mai sus e formula lui Thomson:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Curentul, rezistența dinamică

În fig. 20 distingem curentul de linie C_1 care trece prin circuitul de alimentare și curentul din circuitul oscilant C_0 .

Pe măsură ce circuitul de acord se apropie de rezonanță, curentul de linie *scade*¹⁾ și curentul circuitului oscilant

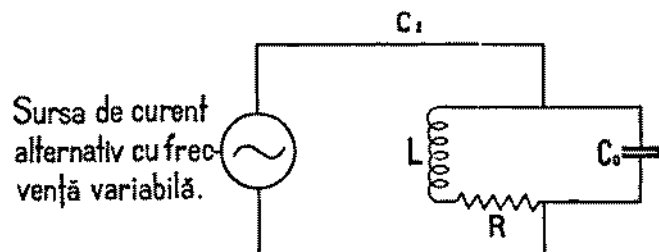


Fig. 20. — Montajul pentru trasarea curbei de rezonanță a circuitului acordat închis.

crește, ajungând la rezonanță mult mai mare decât curentul de linie. Raportul între acești curenți este precum rezultă din formulele precedente

$$\frac{\omega L}{R} = Q$$

În momentul rezonanței circuitul oscilant închis se prezintă ca o rezistență ohmică, a cărei valoare e egală cu

$$\frac{L}{CR}$$

aceasta din urmă expresie se mai numește și *rezistența dinamică* și are o importanță foarte mare.

De notat că în formulele de mai sus R este *rezistența în înaltă frecvență* exprimată în ohmi și de aci se vede deosebita importanță pe care o are rezistența în înaltă frecvență în circuitele oscilante.

Cu cât rezistența în înalta frecvență e mai mică, cu atât rezistența dinamică e mai mare.

¹⁾ În cazul precedent fig. 16, curentul de alimentare *crește* la rezonanță.

Exemplu numeric. Un circuit oscilant închis format dintr'o inductanță de $160 \mu H$ o capacitate de $200 \mu F$ și având o rezistență în înaltă frecvență de 7 ohmi, se prezintă la rezonanță ca o rezistență de 114.000 ohmi.

Variația impedanței circuitului oscilant închis poate fi reprezentată printr'o curbă identică cu aceea care arată variația curentului în circuitul L, C, R montate în serie (fig. 17).

Și în cazul de față, reducerea rezistenței ascute curba de rezonanță.

În concluzie rezistența în înaltă frecvență trebuie să fie cât mai mică căci astfel se obține o curbă de rezonanță mai ascuțită și un semnal mai puternic.

Curentul de linie scade simțitor în momentul acordului din cauza rezistenței dinamice ce o prezintă circuitul oscilant, rezistența fiind egală, precum am văzut, cu $\frac{L}{CR}$.

Acest fenomen se produce foarte des în aparatele de radio atât la emisie cât și la recepție.

Voltajul

Voltajul la bornele inductanței sau a condensatorului se află conform legii lui Ohm aplicată la curentul alternativ. Voltajul este egal cu intensitatea eficace a curentului înmulțită cu reactanța capacitivă sau reactanța inductivă (nu cu rezultanta acestor reactanțe).

Amortizarea circuitului oscilant

Stingerea oscilațiilor *libere* dintr'un circuit oscilant depinde în primul rând de rezistența în înaltă frecvență, după cum stingerea oscilațiilor unui pendul depinde de frecare.

Raportul amplitudinii a două oscilații succesive libere rămâne constant, se numește *factor de amortizare* și e egal cu $R/2L$.

Fig. 21 ilustrează stingerea oscilațiilor cu diferiți factori de amortizare.

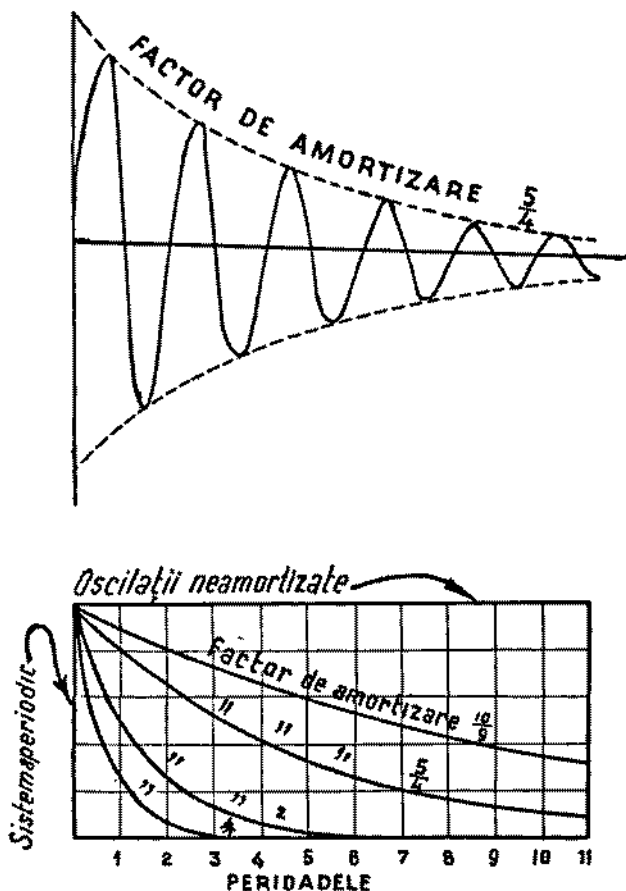


Fig. 21. — Stingerea oscilațiilor și factorul de amortizare.

Interesant e faptul că rezistența influențează întrucâtva și frecvența proprie, care este diferită de frecvența de rezonanță.

Frecvența de rezonanță este precum am văzut $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{CL}}$ iar frecvența proprie, adică frecvența oscilațiilor libere e:

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

Cum însă al doilea termen de sub radical e foarte mic, de obicei se neglijează așa încât frecvența de rezonanță poate fi considerată ca egală cu frecvența proprie. Totuși al doilea termen de sub radical poate fi câteodată apreciabil, iar dacă

$$R > \sqrt{\frac{4L}{C}}$$

cantitatea de sub radical devine negativă iar frecvența imaginară. Cu alte cuvinte sistemul nu mai are frecvență proprie, devine *aperiodic*. Curentul se stinge la prima alternanță, ca un pendul scufundat într'un mediu foarte vâscoș, care ajunge încet la verticală și se oprește acolo fără a mai oscila.

Raportul între inductanța și capacitatea circuitului oscilant închis

Se poate obține un același acord sau o cu inductanță mare și o capacitate mică, sau viceversa, — căci din formula lui Thomson reiese că frecvența este determinată numai de valoarea *produsului* CL .

Totuși valoarea relativă a acestor două elemente nu este indiferentă.

Pentru a avea un voltaj cât mai mare la bornele circuitului oscilant trebuie ca inductanța să fie cât mai mare și

capacitatea cât mai mică, — căci în acest caz reactanța fiecărui element este mare: $L\omega$ și $\frac{1}{C\omega}$. Lucrul acesta mai reiese și din considerentul foarte simplu că tensiune la bornele condensatorului este cu atât mai mare, pentru o încărcătură dată, cu cât capacitatea e mai mică (vezi definiția condensatorului).

Dar pentru a avea o selectivitate cât mai bună, — adică o curbă de rezonanță ascuțită, — capacitatea trebuie să fie mare și inductanța mică.

De obicei nu se merge la limită ci se stabilește un compromis între valoarea inductanței și a capacității, care variază dela caz la caz.

Cele de mai sus explică constatarea care se face în mod curent că aparatele de recepție au de obicei o selectivitate mai bună la începutul cursei condensatorului de acord, decât la sfârșitul cursei.

CAPITOLUL V

CONSTRUCȚIA REZISTENȚELOR, CAPACITĂȚILOR ȘI INDUCTANȚELOR

Rezistențele

Rezistențele întrebuintate în radio sunt fixe sau variabile.

Ele se construiesc în mai multe feluri:

1. Fir metalic, înfășurat pe un suport.
2. Amestec compus dintr'un material bun conducător de electricitate și un izolator.
3. Un strat metalic foarte subțire depus pe un izolator.

Rezistențele se caracterizează nu numai prin valoarea lor ci și prin curentul pe care-l pot duce. Acesta depinde de temperatura de încălzire admisă, care este de 250°C. pentru conductor și 350°C pentru suportul izolator. Cu

cât rezistențele duc curenți mai mari cu atât sunt mai voluminoase. Rezistențele de radio duc de obicei curenți foarte slabi, sunt mici, și încălzirea lor e mult sub limitele date mai sus, mai ales la aparatele de recepție.

Rezistențele întrebuințate în radio trebuie să aibă o cât mai mică inductanță, capacitate, și rezistență în înaltă frecvență. Se mai cere să fie puțin sgomotoase. Unele rezistențe produc mici fluctuații continue de curent cari după amplificare dau un puternic sgomot de fond.

În general sgomotul de fond crește cu încălzirea rezistenței și ca atare rezistențele întrebuințate în aparatele de radio trebuiesc larg dimensionate.

Se mai cere ca rezistențele să aibă un volum redus, un preț mic și să-și mențină valoarea lor cât mai constantă.

Cu alte cuvinte să nu se schimbe cu timpul cu temperatura și cu umezeala.

Rezistențele dela punctul 1, rezistențele cu fir, sunt de obicei variabile (fig. 22) și se întrebuințează mai

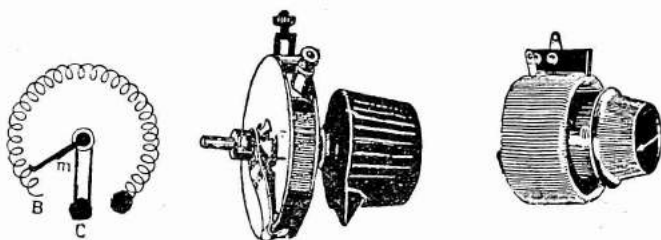


Fig. 22. — Rezistențe variabile.

mult în circuitele de încălzire, câteodată și ca potențio-metre. Firul se face dintr'un aliaj de nichel cu crom, fier, cupru, manganез sau zinc, iar firul se înfășoară pe diferite suporturi, după nevoie. Suportul poate să fie chiar un fir flexibil care servește la facerea legăturii. Așa sunt

de exemplu cordonanele de alimentare ale receptoarelor universale.

Rezistențele dela punctul 2, constituite dintr'un amestec, se formează din următoarele elemente:

- a) Un conductor, cărbune sau grafit pulverizat;
- b) Un izolator, talc, nisip, etc.;
- c) Un material care să lege amestecul, o resină sintetică.

Aceste rezistențe sunt de obicei fixe și li se dă forma cilindrică lunguiață, pentru ca să se reducă scurgerile capacitive prin cele două capace metalice de contact dela capete. Ele se acoperă cu un smalt colorat în anumite feluri prin care se indică valoarea lor. Aceste rezistențe se fac acum în dimensiuni foarte mici, adeseori nu au mai mult de 1 cm. lungime.

Amestecul semiconductor se întrebuințează și pentru rezistențe variabile, de obicei potențiometrice. În acest caz, amestecul se depune pe un suport circular pe care se deplasează un contact arcuit. Într'unele construcții contactul se face printr'o lamă metalică care e apăsată în jos prin trecerea cursorului (fig. 23).

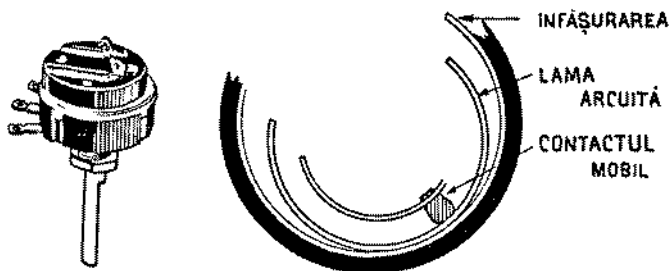


Fig. 23. — Potențiometrul cu lamă intermediară.

Rezistențele dela punctul 3, cu strat metalic, se formează pe un fir sau un tub de sticlă pe care se depozitează un

strat conductor foarte subțire. Aceste rezistențe se închid într'un tub protector. Ele au de obicei valori foarte mari.

Condensatorii

Condensatorii se caracterizează prin capacitatea lor și prin tensiunea la care pot rezista. Ei sunt de două feluri, fixe și variabili. Mai diferă însă și prin dielectricul întrebuințat.

Avem întâiu condensatorii cu aer, cari sunt de obicei variabili și servesc la acord. Tot pentru acord se întrebuințează și condensatorii variabili cu ulei, dar numai la emisiune. A treia categorie o formează condensatorii cu dielectric solid, de obicei mică sau hârtie parafinată. Aceștia din urmă se fac din foi de hârtie, lungi și înguste, pe fețele cărora se aplică foi de staniol, și pe urmă se înfășoară.

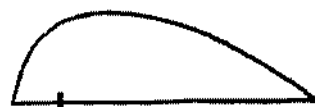
VARIAȚIE LINIARĂ DE:



Capacitate



Lungime de undă



Frecvență



Procent de capacitate

Fig. 24. — Forma lamelor condensatorilor variabili.

În sfârșit mai avem condensatorii electrolitici.

Condensatorii variabili de acord, pot avea plăci de diferite forme (fig. 24) astfel deplasarea unghiulară corespunde cu o variație liniară de:

1. Capacitate.
2. Lungime de undă.
3. Frecvență, și
4. Logaritmice, care dă o creștere de capacitate proporțională cu capacitatea, pentru o deplasare unghiulară dată — de exemplu un grad.

Adică $\frac{dC}{C} = a d\theta$ în care « a » e o constantă.

Condensatorii din prima categorie nu se mai fac, întrucât cer un acord mult mai precis la începutul cursei, decât la sfârșitul cursei. Găsesc totuși oarecari întrebuințări la undele foarte scurte.

Forma cea mai logică e variația liniară de frecvență. Dar condensatorii de tipul acesta prezintă neajunsul de a avea plăci foarte lungi, precum se poate vedea în fig. 24 și de a ocupa mult loc.

Condensatorii cei mai întrebuințați azi, sunt cei logaritmici, cari au o formă întrucâtva intermediară între cei dela punctul 2 și 3.

Condensatorii variabili se caracterizează prin capacitatea lor maximă, de obicei 500 $\mu\mu F$, și prin capacitatea reziduală, (capacitatea condensatorului când e complet deschis). Aceasta trebuie să fie cât mai mică pentru a putea cuprinde o gamă de lungimi de undă cât mai mare. Capacitatea reziduală e de vreo 20 $\mu\mu F$, la care se adaugă în practică și capacitatea bobinelor și a legăturilor, însumând de obicei 50 $\mu\mu F$.

Aparatele moderne cu un singur buton de acord cer condensatori dubli și tripli, fig. 25. Capacitățile acestor condensatori trebuie să fie identice în orice poziție. Fiindcă acest deziderat e aproape imposibil de realizat din fabricație se prevede o lamă secționată radial, fig. 25. Aceste

secțiuni se îndoaie cu mâna pentru a compensa micile nepotriviri ce se observă în diferitele poziții ale condensatorilor. Precizia acordului atinge și depășește 1%.

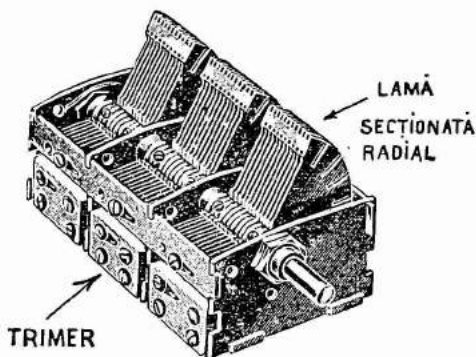


Fig. 25. — Condensator triplu.

Dar nu numai atât, monoreglajul cere și compensarea capacităților reziduale ale circuitelor legate de diferiți condensatori. Pentru aceasta condensatorii variabili multipli se completează întotdeauna cu mici condensatori semi-variabili denumiți « trimeri » montați în paralel cu fiecare condensator. Aceștia se reglează odată pentru totdeauna după ce aparatul e complet montat, pentru a egala așa dar capacitățile reziduale din circuite, și fac parte integrantă din condensatorii multipli.

În felul acesta se acordează condensatorii multipli compensând precum am văzut atât imperfecțiunile lor de fabricație cât și diferențele de capacități reziduale ale circuitelor lor.

Bineînțeles că toată construcția mecanică trebuie să fie foarte îngrijită, lagărele fără joc, etc., Condensatorii de bună calitate se montează pe calit, care e un fel de porțelan și constituie unul din dielectricile cele mai bune.

Condensatorii variabili nu servesc întotdeauna la facerea acordului ci și la reacție. În acest caz pierderile în înaltă frecvență au o importanță mult mai mică și ca atare construcția lor poate să fie mai puțin bună și mai ieftină. Condensatorii de reacție au plăcile separate prin foi de hârtie parafinată sau alt dielectric asemănător, — nu însă cu mică, deși li se zice de obicei « condensatori cu mică ». Plăcile fiind astfel mult mai apropiate ca la condensatorii cu aer se pot reduce dimensiunile condensatorului și prețul.

Condensatorii fiși sunt de mai multe feluri.

Avem întâiu, condensatorii cu hârtie parafinată, cari au de obicei valori mari.

În al doilea rând avem condensatorii formați dintr'un depozit de argint pe o foaie de mică. Aceștia au o stabilitate excelentă, calitate indispensabilă pentru acordul fix al receptoarelor moderne cu butoane, precum și în aparatele de unde foarte scurte, în special în cele de avion cu acord fix. Variația capacității lor nu trece de $1/1000$ în decursul timpului, iar schimbarea temperaturii ambiante produce efecte imperceptibile (cam $0,000025$ de fiecare grad C).

Tot pentru circuitele de mare precizie se construiesc de câțva timp condensatori fiși de compensare. Dielectricul acestora își schimbă constanta cu temperatura. Rezultă o variație de capacitate care se produce în sensul opus cu variația altui condensator sau a elementelor din circuit așa încât efectul temperaturii se poate anula.

Se întrebuințează ca dielectric ceramică sau anumite lichide. Se pot obține orice variații euprinse între $+0,00012$ și $-0,00068$ de fiecare grad C.

Condensatorii electrolitici

Când se seufundă aluminiul sau tantalul în anumite soluții electrolitice, aceste metale se acoperă cu un strat izolator extrem de subțire.

Stratul acesta izolator (oxid de aluminiu Al_2O_3 , etc.) constituie dielectricul condensatorului care are ca armături aluminiul pe o parte și dielectricul pe partea cealaltă. Prin faptul că stratul izolator e foarte subțire se pot obține capacități mari cu suprafețe reduse. Așa de exemplu luând grosimea normală a acestui strat care este de aproximativ $1/10.000$ mm și are constanta dielectrică 10, obținem de fiecare centimetru patrat o capacitate C

$$C = \frac{KS}{4\pi d} = \frac{10 \times 1}{12.6 \times 10^{-5}} = 8 \times 10^4 \text{ cm}$$

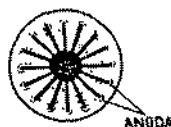
ceea ce înseamnă că un electrod cu o suprafață de 100 cm^2 constituie un condensator de vreo $8 \mu F$.

Așa dar acești condensatori sunt foarte puțin voluminoși și totodată ieftini.

Ei se împart în două categorii, umezi și uscați.

Primii au electrolitul liber, iar ceilalți au electrolitul fixat pe o pânză sau pe o hârtie sugativă; prin urmare nu sunt uscați în adevăratul înțeles al cuvântului. Fig. 26 arată o secțiune printr'un condensator electrolitic.

SECȚIUNE
PRINTR'UN CONDENSATOR



ELEMENTELE CONDENSATORULUI

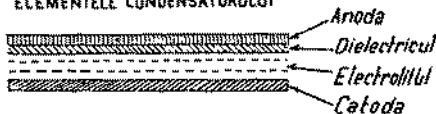


Fig. 26. — Secțiuni printr'un condensator electrolitic.

Stratul izolator se formează precum am arătat pe anoda de aluminiu sau tungsten. Electrolitul este o soluție saturată de borat de sodiu cu acid boric, sau o soluție apoasă de acid sulfuric. Catoda e de aramă sau de aluminiu.

Ambii electrozi sunt în formă de foi subțiri cari se suprapun sau se înfășoară pentru a fi închise în cutiute cât mai mici. Cutiutele sunt prevăzute câteodată cu o mică ventilație. De obicei se pot așeza în orice poziție.

Capacitatea condensatorului electrolitic variază cu tensiunea aplicată și anume crește cu tensiunea. Se poate ajunge la vreo 600 de volți de element, când stratul izolator cedează și e străpuns. Tensiunea la care e supus dielectricul e foarte mare, fiind de vreo 10.000.000 volți pe cm (ceea ce înseamnă că la tensiunea de 600 volți grosimea stratului izolator e de vreo 0,00016 mm). Cu toate că stratul e atât de subțire conductibilitatea e foarte mică fiind de câteva mii de megohmi pe cm^2 , așa încât scurgerile sunt reduse.

Dacă se micșorează tensiunea după străpungere, stratul izolator se reface imediat ca înainte (afară de cazul când supratensiunea n'a fost din cale afară de mare).

Condensatorii electrolitici sunt de obicei polarizați în sensul că trebuiesc puși numai pe curent continuu sau pulsativ. Dacă se inversează polaritatea sunt străpunși ¹⁾, dar se refac. Această particularitate limitează întru câtva întrebuințarea lor. Dar se construiesc și tipuri de curent alternativ.

Inductanțele

Pierderile în inductanțe. Inductanțele întrebuințate în radio sunt formate din bobine, cari trebuie să aibă o cât

¹⁾ Străpungerea se explică astfel: intensitatea câmpului electrostatic ce apare în stratul izolator e precum am arătat foarte mare de aproximativ 10^7 volți pe cm. În aceste condițiuni electronii sunt smulși din metal; avem așa dar o emisiune electronică la rece. Electronii sunt smulși și din electrolit care formează armătura cealaltă a condensatorului, dar electronii electrolitului sunt fixați de ioni, ei nu sunt liberi, și ca atare numărul electronilor smulși e mult mai mic, practic neglijabil. Iată de ce electrolitul trebuie să fie în totdeauna negativ și electrodul de aluminiu pozitiv, iată de asemenea explicația efectului de redresare a supapelor electrolitice.

mai mică rezistență în înaltă frecvență. Cu alte cuvinte pierderi cât mai reduse. Acestea se produc în mai multe feluri, prin:

1. efect de suprafață (*skin effect*),
2. curenți Foucault,
3. pierderi în dielectric,
4. capacități interioare.

Am văzut în cap. III că un curent de înaltă frecvență circulă mai mult la suprafața conductorului, ceea ce echivalează cu reducerea secțiunii sale. Astfel se măresc în mod firesc pierderile termice cari sunt proporționale cu $I^2 R$. Se va alege deci o secțiune cât mai mare.

Dar liniile de forță mai creiază și alte vârtejuri electrice mai puțin regulate decât cele cari se manifestă prin efectul de suprafață. Aceste vârtejuri electrice, acești curenți paraziți se datoresc influențelor dintre spire, cari produc curenți induși în spirele învecinate. Astfel se accentuează pe de o parte efectul de suprafață printr'o și mai mare concentrare a curentului, — spre marginea interioară a secțiunii, — iar pe de altă parte apar diferenți curenți necanalizați. Pierderile rezultate în acest fel cresc cu secțiunea conductorilor. Așa dar secțiunea nu trebuie să fie nici prea mare, precum rezulta din primele considerente. Există o dimensiune optimă dela caz la caz, care depinde în primul rând de frecvență și în al doilea rând de forma bobinei.

Pierderile în dielectric se produc în izolatorul conductorilor, în suportul bobinei și în mediul înconjurător.

Așa dar bobinele trebuie să fie cât mai libere de jur împrejur, trebuie să aibă un suport cât mai redus, iar izolarea firelor trebuie să fie făcută din material adecuat, în ordinea preferinței, mătase, bumbac, email.

Capacitățile interioare sunt ilustrate în fig. 27. Elementele a două spire alăturate se prezintă ca armăturile a doi condensatori, formând o punte de trecere pentru curenții de înaltă frecvență. Astfel inductanța este de

fapt şuntată de un condensator care introduce pierderi prin scurgeri capacitive.

Ținând seama de cele de mai sus bobinele de înaltă frecvență se construiesc astfel:

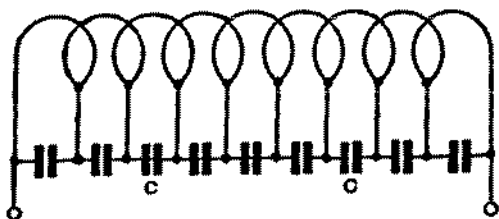


Fig. 27. — Capacitățile interioare ale unei bobine.

1. bobine cilindrice cu un strat, fig. 28. Raportul optim între diametru și lungimea bobinajului e de 2,46. Grosimea și natura conductorului depinde de lungimea de

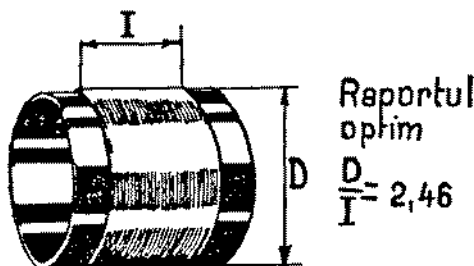


Fig. 28. — Bobină cu un strat.

undă. Astfel pentru unde mai lungi de 1000 m se obțin cele mai bune rezultate cu liță care reduce efectul de suprafață. Pentru unde hectometrice se întrebuițează sârmă obișnuită. Iar pentru undele decametrice mai mici, se întrebuițează câteodată țevă de aramă.

2. bobine cu mai multe straturi. Un bobinaj ca în fig. 29 mărește mult pierderile capacitive prin faptul că ultima spiră e alături de prima. Se produce un fel de scurt circuit capacitiv. Bineînțeles că acest efect trebuie evitat.

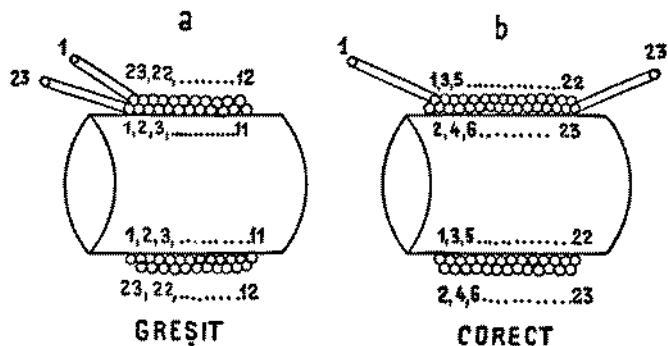


Fig. 29. — Bobine cu două straturi.

Există diferite feluri de bobinaje în cari toate spirele înaintează simultan, fig. 29.

3. bobine secționare, fig. 30. Aceste bobine de unde mai lungi sunt ușor de bobinat și au o capacitate interioară mică.

4. bobine «în fagure» cu mai multe straturi, cu spire distanțate și puțin încrucișate pentru reducerea efectelor capacitive.

În general bobinele prezintă pierderi cu atât mai mici cu cât sunt mai mari. Dar locul disponibil limitează dimensiunile lor.

Bobinele cu miez de fier

Miezul de fier mărește inductanța unei bobine. Aceasta înseamnă că adăugând un miez de fier putem obține

o aceeași inductanță cu spire mai puține. Și cum pierderile sunt proporționale cu numărul de spire s'ar putea crede că în felul acesta se reduce rezistanța în înaltă

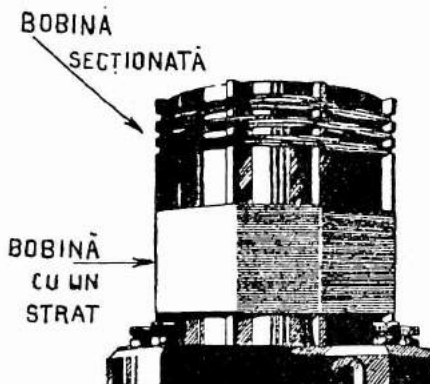


Fig. 30. — Bobine sectionale.

frecvență, și că astfel se mărește « Q » (cap. IV). De fapt însă, când e vorba de înaltă frecvență pierderile care se produc în miezul de fier sunt mult mai mari decât economia realizată prin reducerea bobinajului.

Dar pierderile în fier se pot reduce prin secționarea fierului reducând astfel curenții Foucault. Totuși tolele întrebuințate în mașinile electrice și mânuchiurile de sârmă întrebuințate ca miez de fier în bobine nu pot satisface cerințele înaltei frecvențe pentru cari trebuie o secționare mult mai fină.

De câțiva ani încoace se fabrică și miezuri de fier pentru înalta frecvență. Miezul acesta e format dintr'un praf foarte fin (cu grăunțe de 1—5 microni) cari se leagă cu un fel de lac izolator spre a forma o masă solidă.

Fig. 31 reprezintă un miez de fier de acest fel. Bobinajul se reduce foarte mult atât ca număr de spire

cât și mai ales ca dimensiuni, iar rezistența în înaltă frecvență scade cam la jumătate. Astfel se obține dau semnal mai puternic și o selectivitate mai bună, valoarea « Q » (cap. IV). putând să se apropie de 300.

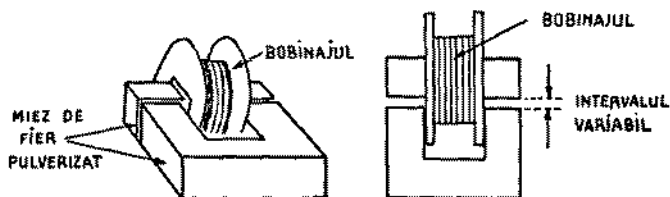


Fig. 31. — Bobine cu miez de fier.

Dar nu numai atât, bobinele au liniile de forță strânse și canalizate în fier și ca atare numai necesită blindaj. Și chiar dacă li se adăugă un blindaj pentru a suprima orice urmă de cuplaj parazit, blindajul poate fi foarte mic și nu introduce pierderi apreciable, ceea ce nu e cazul la bobinele fără miez de fier.

În sfârșit, bobinele cu miez de fier permit acordul precis al inductanței prin variația intervalului care închide circuitul magnetic, fig. 31.

Aceasta este o calitate foarte prețioasă.

Pentru a rezuma calitățile de căpetenie ale bobinelor cu miez de fier sunt:

1. mică rezistență în înaltă frecvență,
2. volum foarte redus, atât față de o bobină cu aer neblindată, cât și mai ales față de o bobină blindată.

Schimbarea valorii inductanțelor

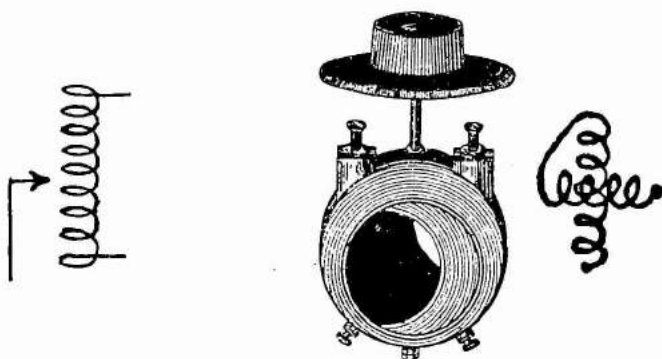
Am văzut că pentru buna funcționare a unui circuit oscilant, trebuie să avem un anumit raport între inductanță și capacitate, cap. IV.

Așa dar pentru a acoperi o gamă foarte întinsă nu este suficient de a adăuga capacități mari căci odată cu mărirea capacității trebuie mărită și inductanța.

Cu o inductanță fixă nu se acoperă de obicei decât game a căror valoare maximă e de 2—3 ori valoarea minimă. De exemplu 200—500 m (raport 2,5) 40—80 m (raport 2) ș. a. m. d.

Acest acord se face cu un condensator variabil care nu are mai mult de 500 cm, iar capacitatea reziduală a condensatorului și a diferitelor piese și legături este de aproximativ 50—100 cm. Așa dar variația de capacitate e de $10/1$ sau $5/1$ iar gama conform formulei lui Thomson este de $\sqrt{10} = 3,3$ sau $\sqrt{5} = 2,2$.

Schimbarea valorii inductanțelor se face în mai multe feluri: prin cursor, prin variometru și prin comutare. Fig. 32 ilustrează primele două soluții. Cursorul



CURSOR

VARIOMETRU

Fig. 32. — Schimbarea inductanței prin cursor și variometru.

trece din spiră în spiră deplasându-se pe o generatrice a cilindrului. Există însă și dispozitive în cari deplasarea

cursorului se face de-a-lungul firului, adică helicoidal. Ambele dispozitive sunt puțin întrebuințate.

Variometrul e format din două bobine legate în serie, una fixă și alta mobilă. Inductanța acestui sistem variază așa dar de la

$$L_1 + L_2 + 2M \text{ la}$$

$$L_1 + L_2 - 2M$$

în cari L_1 și L_2 sunt inductanțele celor două bobine, iar M e coeficientul de inducție mutuală care în niciun caz nu poate depăși valoarea $M = \sqrt{L_1 L_2}$.

Variometrul permite variația inductanțelor numai în limite relativ mici. Pe de altă parte pierderile în înaltă frecvență sunt destul de mari din cauza scurgerilor capacitive și mai ales din cauza întrebuințării întregului bobinaj pentru inductanțele minime.

Variometrul nu se mai întrebuințează astăzi decât la unele posturi de emisiune.

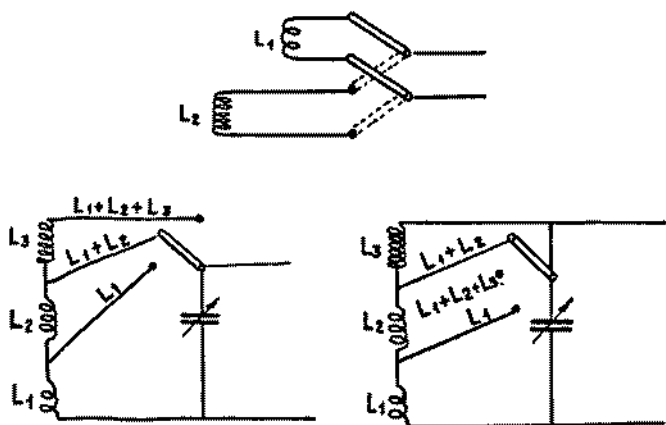


Fig. 33. — Schimbarea inductanței prin diferite sisteme de comutare.

Fig. 33 arată trei sisteme de a varia inductanțele prin comutare. Avem sistemul prin eliminare, scurt circuit tare și schimbare de bobine.

Primele două sisteme introduc pierderi prin curenții vagabonzi ce apar în circuitele neîntrebuințate, și mai ales prin fenomenele de rezonanță ce se pot produce acolo.

Ultimul sistem, — schimbarea bobinelor — e cel mai întrebuințat. În aparatele moderne găsim bobine cu miez de fier complet blindate cari se schimbă prin comutare. Aceste bobine se așează adeseori pe un ax formând o tobă, și astfel se evită legături lungi, fig. 34.

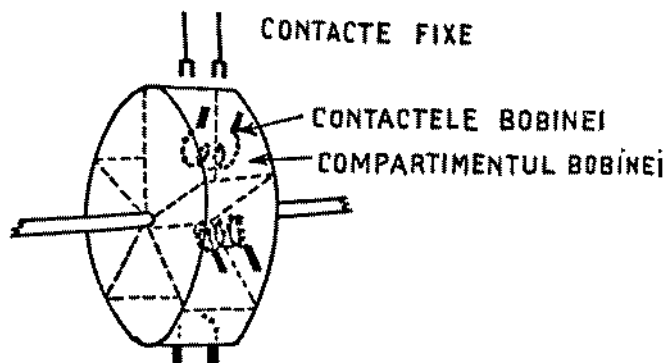


Fig. 34. — Schimbarea inductanțelor prin comutare.

Sistemul acesta de comutare este în fond cel întrebuințat la începutul radiofoniei, cu singura deosebire că înlocuirea bobinelor nu se mai face prin scoaterea lor din aparat ci prin simpla manevrare a unui buton.

Blindajul

Prin blindaj se înțelege ferirea anumitor piese sau aparate de influențe electrostatice sau electromagnetice,

cu ajutorul unor cutii metalice care îndeplinesc funcțiunea de ecran sau de «cușcă Faraday».

Mulțumită blindajului se pot obține amplificări oricât de mari fără ca să apară oscilații prin cuplaje parazite. De asemenea se ferește bobinele de influențe exterioare directe, emisiuni puternice și paraziți. Altfel paraziții și emisiunile puternice ar pătrunde direct în aparatul de recepție fără a trece prin toate circuitele acordate și selectivitatea ar scădea mult.

Blindajul se face de obicei cu tablă de aluminiu sau câteodată de aramă, și trebuie neapărat să fie pus la pământ. Tabla nu trebuie să fie prea subțire căci nu e eficace, dar nu trebuie să fie nici prea groasă, căci produce pierderi. Se ia de obicei aluminiu de 0,5 mm. De asemenea blindajul nu trebuie să fie prea aproape de bobine spre a nu produce pierderi simțitoare. Se socotește că diametrul unui blindaj cilindric trebuie să aibe cel puțin de două ori diametrul bobinei. În cazul bobinelor cu miez de fier, blindajul poate fi mult mai aproape întrucât liniile de forță sunt canalizate în circuitul magnetic, — poate chiar să lipsească câteodată.

În rezumat blindajul este indispensabil în aparatele moderne, prin faptul că permite amplificări mari și sporește foarte mult selectivitatea, eliminând atât emisiunile nedorite cât și paraziții.

CAPITOLUL VI

CUPLAREA CIRCUITELOR, TRANSFERUL PUTEREI

Cuplarea circuitelor

Dacă două circuite au una sau mai multe impedanțe comune, se zice că sunt cuplate. Prin impedanță comună se înțelege o impedanță astfel așezată încât trecerea

curentului într'un circuit influențează curentul în celălalt circuit.

Fig. 35 arată cele trei feluri de cuplaje: inductiv, capacitiv și rezistiv. Curentul din primul circuit trece prin

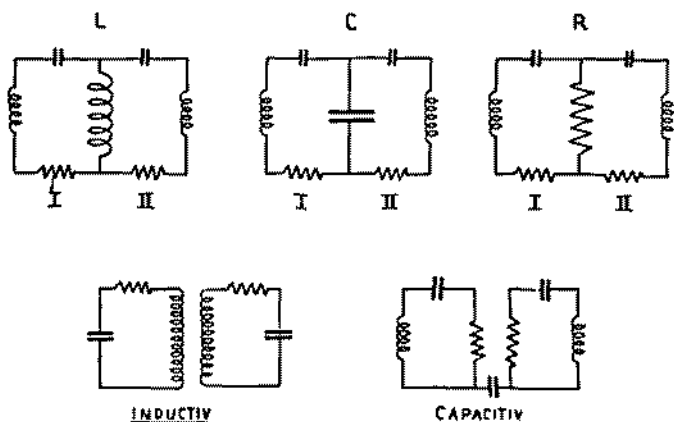


Fig. 35. — Diferite cuplaje.

elementul comun L , C , sau R , produce o diferență de potențial la capetele elementului și această diferență de potențial determină un curent în al doilea circuit. Tot în fig. 35 jos, sunt două cuplaje indirecte. Ultimul, cel inductiv este foarte întrebuințat în radio.

Prin dispozitivele de mai sus se face un transfer de putere dintr'un circuit în altul. Aceasta e una din cele mai importante probleme de radio care se ivește la tot pasul.

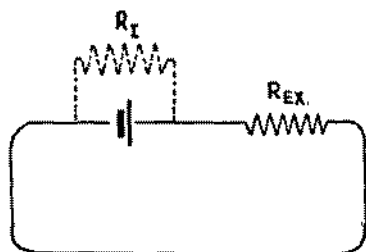
Transferul maxim de putere

Sarcină rezistivă cuplată direct.

Prima întrebare pe care ne-o punem în mod firesc, este cum putem trece maximum de putere dintr'un circuit într'altul.

O lege fundamentală a electricității ne dă un răspuns general foarte simplu, pentru curentul continuu și alternativ: *pentru a utiliza maximum de putere, impedanța sarcinii trebuie să fie egală cu impedanța sursei.*

Să luăm întâiu exemplul cel mai simplu, în care impedanțele sunt reduse la rezistențe ohmice, fig. 36.



Wați max. în R_{ex} când.

$$R_i = R_{ex}.$$

Amperi max. în R_{ex} când:

$$R_{ex} = 0$$

Fig. 36. — Debitul unei pile pe o rezistență.

O pilă electrică cu forța electromotrice de 1,5 V și cu rezistența interioară de 0,5 ohmi trebuie să debiteze maximum de putere pe o sarcină exterioară. Conform legii de mai sus problema se rezolvă imediat, sarcina trebuie să fie de 0,5 ohmi.

Un calcul elementar ne permite să facem o verificare sumară a condiției de egalitate enunțată mai sus.

Puterea debitată pe 0,5 ohmi este următoarea:

$$I = \frac{\text{Forța electromotrice}}{\text{Rezistența interioară a pilei, plus rezistența sarcinii}} \\ = \frac{1,5}{0,5 + 0,5} = 1,5 \text{ Amp}$$

$$\text{iar puterea} = I^2 R = (1,5)^2 \times 0,5 = 1,125 \text{ wați}$$

Pentru alte rezistențe, — să luăm 0,6 ohmi și 0,4

ohmi, — avem:

$$I = \frac{1,5}{1,1} = 1,363 \text{ și } I^2 R = 1,857 \times 0,6 = 1,114 \text{ wați}$$

$$I = \frac{1,5}{0,9} = 1,666 \text{ și } I^2 R = 2,7556 \times 0,4 = 1,102 \text{ wați}$$

Avem așa dar puterea maximă cu rezistența de 0,5 ohmi.

Dacă rezistența sarcinei ar fi fost infinită curentul ar fi fost zero și produsul $IE = 0$ wați, iar dacă rezistența sarcinei ar fi fost zero, voltajul disponibil E ar fi fost zero și ca atare aveam iar zero wați ($IE = 0$). Prin urmare e evident că rezistența sarcinei nu trebuie să fie nici prea mare nici prea mică.

Ca și în exemplul de mai sus, o lampă de radio dă puterea maximă când i se pune o sarcină egală cu rezistența ei interioară¹⁾.

Să luăm acum cazul unui circuit oscilant, fig. 37. Dacă sarcina R_{EX} e montată în serie cu circuitul oscilant, va absorbi puterea maximă când rezistența sarcinei = rezistența ohmică a circuitului oscilant.

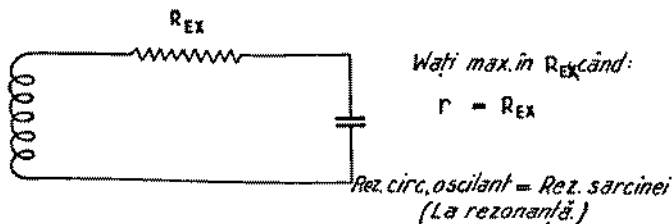


Fig. 37. — Debitul unui circuit oscilant pe o rezistență montată în serie.

¹⁾ Dar în acest caz lucrurile se complică: apar deformări, și pentru a evita aceste deformări se alege o sarcină de două ori mai mare decât rezistența interioară a lămpii, în cazul triodei. Aceste cazuri complexe vor fi studiate ulterior.

Această relație se referă bineînțeles la rezonanță, când reactanțele inductive și capacitive se anulează $\left(\frac{1}{C\omega} = L\omega\right)$ și nu rămâne decât rezistența ohmică sau mai exact rezistența în înaltă frecvență, $\ast R \ast$.

Dacă rezistența e montată în paralel fig. 38 atunci rezistența sarcinei = rezistența dinamică a circuitului

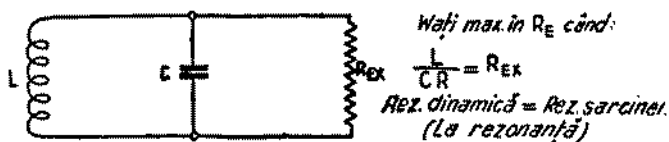


Fig. 38. — Debitul unui circuit oscilant pe o rezistență montată în paralel.

oscilant

$$R_{EX} = \frac{L}{CR}$$

O observație de ordin general: maximum de putere în sarcină nu corespunde cu maximum de curent. Obținem maximum de curent în scurt-circuit când sarcina este redusă la zero, dar atunci toată energia e cheltuită numai în sursă.

Mai e de observat că în cazul când se utilizează maximum de putere dintr'o sursă randamentul e numai de 50%, fiindcă jumătate din putere se cheltuiește chiar în sursă și numai jumătatea cealaltă se cheltuiește în sarcină. Este evident că pentru un randament mai bun sarcina trebuie să aibă o rezistență mai mare decât sursa. Aceasta reiese din formula $W = I^2 R$, $\ast I \ast$ fiind același și în sursă și în sarcină, puterea cheltuită în sursă și în sarcină este prin urmare proporțională cu rezistențele lor respective.

Pilele și acumulatorii electrici de exemplu, debitează întotdeauna pe rezistențe mult mai mari decât rezistența lor interioară și în felul acesta aproape toată energia disponibilă e întrebuințată în sarcină și nu pentru încălzirea interioară a pilelor sau a acumulatorilor.

Același lucru se întâmplă și cu dinamurile a căror rezistență e mult mai mică decât sarcinile pe care lucrează.

Sarcină rezistivă cuplată prin transformator

Un transformator e format din două bobinaje primar și secundar ce se completează de obicei printr'un miez de fier, fig. 39.

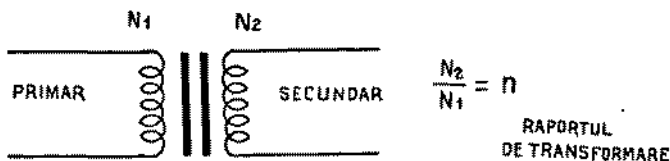


Fig. 39. — Transformator.

La trecerea unui curent alternativ în primar, liniile de forță magnetice legate de acest circuit taie bobinajul secundar și produc un curent indus. Dacă secundarul are același număr de spire ca primarul, voltajul din secundar va fi egal cu voltajul din primar. Dacă însă aceleași linii de forță ale primarului taie mai multe spire ale secundarului se va produce aci un voltaj mai ridicat. Raportul între numărul de spire e proporțional cu voltajul la bornele celor două bobinaje.

Dacă de exemplu primarul e alimentat la 120 V și are 100 spire, iar secundarul 200 spire, vom avea:

$$120 \times \frac{200}{100} = 240 \text{ V, la secundar.}$$

Însă conform principiului conservării energiei (și neglijând pierderile din transformator) avem tot atâția

wați în primar ca și în secundar, adică:

$$I_p V_p = I_s V_s$$

Ceea ce înseamnă că în cazul de mai sus intensitatea curentului secundar se reduce la jumătate din intensitatea curentului din primar.

Să vedem acum ce influență are sarcină pusă pe secundar, asupra primarului.

Dacă secundarul e în circuit deschis constatăm că primarul nu absoarbe putere (abstracție făcând de micile și inevitabilele pierderi) primarul se comportă în acest caz ca o inductanță pură. Dar de îndată ce se închide circuitul secundarului, primarul debitează putere și debitează mai multă putere dacă rezistența secundarului e mică. Explicația e simplă: curentul din secundar produce un câmp magnetic care reduce câmpul magnetic al primarului ¹⁾ ceea ce echivalează cu reducerea inductanței și implicit a reactanței inductive, așa încât acum poate să treacă mai mult curent.

Putem spune că inductanța primarului a fost redusă prin prezența secundarului iar rezistența mărită, precum am văzut mai sus.

Să presupunem că avem în exemplul anterior 1,2 amperi în primar. Conform celor stabilite vom avea 0,6 amperi în secundar.

Așa dar rezistența, sau mai exact impedanța aparentă a primarului va fi de

$$\frac{120}{1,2} = 100 \text{ ohmi}$$

iar a secundarului

$$\frac{240}{0,6} = 400 \text{ ohmi.}$$

¹⁾ Curentul din secundar e în sens invers față de primar.

Prin urmare, pentru un raport de transformare de 2 avem un raport de impedanțe de 4. Dacă refacem calculele pentru un raport de transformare de 3 găsim că raportul impedanțelor e 9 ș. a. m. d.

Așa dar o rezistență R_2 în secundar este echivalentă cu o rezistență

$$\frac{R_2}{n^2}$$

adăugată în primar, n fiind raportul de transformare.

Această rezistență adăugată primarului de secundar se mai numește «rezistență reflectată» asupra primarului, și o vom desemna prin R_p .

Și pentru transferul maxim de energie $\frac{R_2}{n^2} = R_1$ fig. 40.

R_1 fiind rezistența primarului.

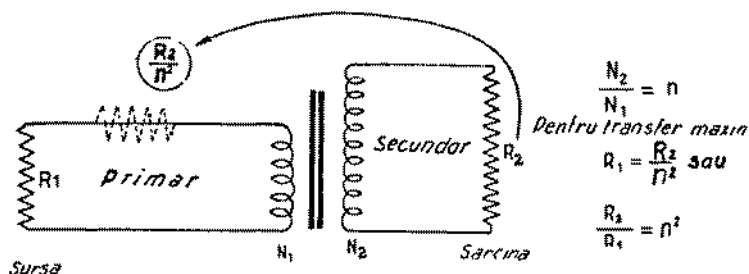


Fig. 40. — Sarcină rezistivă legată prin transformator.

Sau generalizând, raportul impedanțelor din primar și din secundar trebuie să fie egal cu pătratul raportului de transformare

$$n^2 = \frac{Z_2}{Z_1}$$

formulă care se exprimă de obicei astfel

$$n = \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}$$

Această formulă de o importanță covârșitoare găsește nenumărate aplicații în aparatele de radio.

Astfel putem determina de exemplu raportul transformatorului care leagă o lampă finală de difuzor. Avem

$$n = \sqrt{\frac{\text{impedanța difuzorului}}{\text{sarcina optimă a lămpii}}}$$

Exemplu numeric.

Sarcina optimă a unei lămpi finale e de 3000 ohmi iar impedanța difuzorului e de 7,5 ohmi.

Raportul transformatorului de ieșire va fi în acest caz

$$n = \sqrt{\frac{7,5}{3000}} = \frac{1}{20}$$

Cazul general

În cazul transformatorului considerat mai sus am presupus:

1. cuplaj foarte strâns între primar și secundar, $k = 1$,
2. secundarul fără condensator și cu inductanță neglijabilă, sarcina fiind formată numai din rezistență.

În circuitele radioelectrice condițiile de mai sus nu sunt îndeplinite, cuplajul poate fi variabil ¹⁾, circuitele cuprind pe lângă inductanțe și capacități și ca atare fenomenele devin mult mai complexe.

¹⁾ Uzăm de posibilitatea a varia cuplajul pentru a obține un mai mare transfer de putere.

În cazul oscilațiilor forțate ¹⁾ rezistența R_p reflectată asupra primarului nu mai este

$$R_p = \frac{R_2}{n^2}$$

ci

$$R_p = \frac{\omega^2 M^2 R_2}{R_2^2 + \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} \right)^2}$$

În care L_2 și C_2 sunt inductanța și capacitatea din circuitul secundar.

Iar în cazul când circuitul secundarului e acordat pe frecvența primarului atunci paranteza dela numitor se anulează. Așa dar în cazul rezonanței, sarcina R_p reflectată de secundar pe primar, devine

$$R_p = \frac{\omega^2 M^2}{R_2} = \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2}{R_2}$$

întrucât

$$k = \sqrt{\frac{M}{L_1 L_2}}$$

Iar pentru transferul de putere maximă (tot în cazul rezonanței) trebuie să satisfacem condiția generală ca rezistența primarului R_1 să fie egală cu rezistența reflectată în primar R_p .

$$R_1 = R_p = \frac{\omega^2 k^2 L_1 L_2}{R_2}$$

sau

$$k^2 = \frac{R_1 R_2}{\omega^2 L_1 L_2}$$

¹⁾ Prin « oscilații forțate » se înțeleg oscilațiile cari își impun frecvența, cari prin urmare, sunt independente de cuplaj. De exemplu un receptor « sediul unor oscilații forțate ».

Această expresie se mai scrie și sub forma:

$$\omega^2 M^2 = R_1 R_2 \text{ sau } \omega^2 M^2 = Z_1 Z_2$$

Când această relație e satisfăcută, cuplajul se numește critic.

De aci rezultă o concluzie foarte importantă, că pentru un transfer de putere maximă trebuie să avem un cuplaj optim, care *nu* este cuplajul maxim (de obicei numai 1/100 din cuplajul maxim).

Așa dar în loc ca transferul de putere să fie determinat de raportul de transformare, care singur ne interesa în cazul simplu al transformatorului considerat la început, acum transferul de putere e determinat de coeficientul de cuplaj.

Practic, știe orice amator că strângând de exemplu cuplajul cu antena, semnalele cresc până ce ajung la un maxim iar dincolo de un anumit cuplaj semnalele scad.

Variația cuplajului ne permite așa dar să ajungem la un transfer de putere maxim. Dar acest maximum e relativ, în sensul că mai poate fi mărit prin îndeplinirea unei alte condițiuni.

A doua condiție care trebuie îndeplinită pentru transferul maxim de putere e

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

adică defazarea din primar să fie egală cu defazarea din secundar, înainte ca circuitele să fi fost cuplate.

Când circuitele sunt cuplate și se obține transferul de putere maxim, curentul din primar e adus în fază cu voltajul din primar, curentul din primar devine astfel maxim, putând să inducă maximum de energie în secundar.

Astfel când ambele condițiuni de mai sus sunt satisfăcute, transferul maxim de putere e dat de relația

$$W_{MAX} = \frac{E_1^2}{4R_1}$$

în care E_1 este forța electromotrice aplicată în primar, iar R_2 este rezistența din secundar.

Valoarea maximă a curentului ce se poate obține în secundar e dată de relația

$$I_{MAX} = \frac{E_1}{2\sqrt{R_1 R_2}}$$

în care avem aceeași notație ca mai sus, iar R_1 este rezistența primarului.

Influența cuplajului asupra curbei de rezonanță

Transferul maxim de putere nu este singura problemă care interesează în aparatele de radio.

Când se variază cuplajul se constată precum am arătat o variație în transferul puterii, dar totodată se schimbă și forma curbei de rezonanță a secundarului.

Să considerăm întâiu cuplajul larg, adică bobinele distanțate. În acest caz influența secundarului asupra primarului e neglijabilă și obținem curba de rezonanță $k = 0,001$ din fig. 41.

Dacă strângem cuplajul din ce în ce obținem succesiv curbele de rezonanță $k = 0,01$ și $k = 0,05$.

Se observă așa dar o lărgire a curbei de rezonanță și mai târziu apariția a două maxime, care se depărtează treptat. Frecvențele lor sunt date de formula

$$f = \frac{f_0}{\sqrt{1 \pm k}}$$

în care « f_0 », frecvența de rezonanță. Din

această formulă rezultă că avem numai o frecvență când cuplajul e larg, (« k » aproape egal cu zero) și tot o frecvență când cuplajul e strâns ($k = 1$), a doua frecvență fiind infinită. Apariția celor două maxime are o foarte mare importanță practică.

Pentru a mări selectivitatea se va sacrifica așa dar din intensitatea semnalului slăbind cuplajul. În general se preferă un cuplaj mai slab decât un cuplaj prea strâns,

fiindcă în primul caz avem cel puțin o compensare pentru pierderea de intensitate, prin mărirea selectivității. Dacă însă cuplajul este prea strâns, avem și o pierdere de intensitate și de selectivitate.

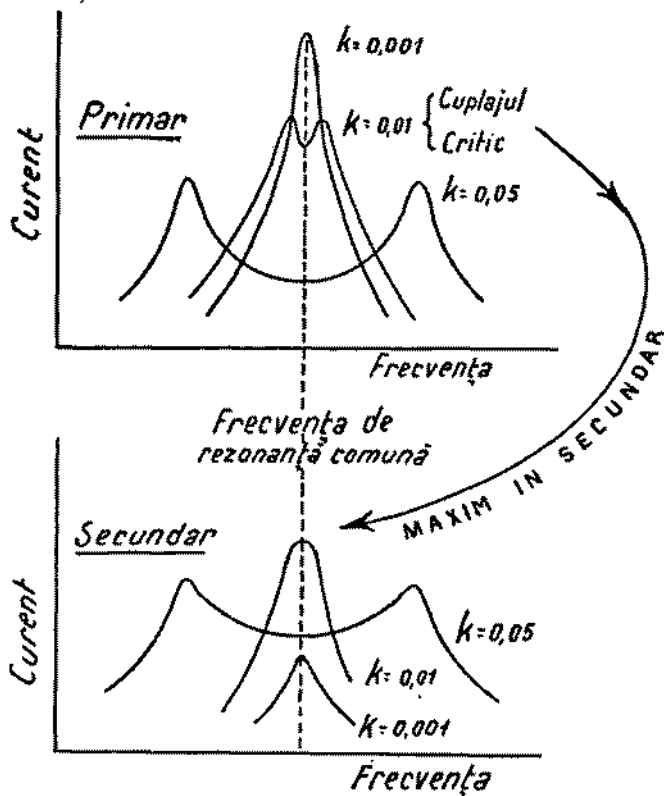


Fig. 41. — Curbe de rezonanță la strângerea cuplajului.

Sunt însă cazuri când se simte nevoia de a lărgi curba de selectivitate și atunci se strânge cuplajul mai mult.

Aceasta se întâmplă în etajele de medie frecvență a superheterodinilor când trebuie redusă selectivitatea prea mare, spre a menține bandele laterale de modulație, și a evita astfel deformările.

Filtrele

Prin filtru se înțelege un dispozitiv electric care favorizează trecerea unor frecvențe față de alte frecvențe care sunt stăvilit și eliminate.

Filtrele sunt de mai multe feluri, ele lasă să treacă:

1. frecvențele înalte,
2. frecvențele joase,
3. o bandă de frecvențe,
4. toate frecvențele *afară* de o anumită bandă.

Primele trei filtre sunt ilustrate în figura 42.

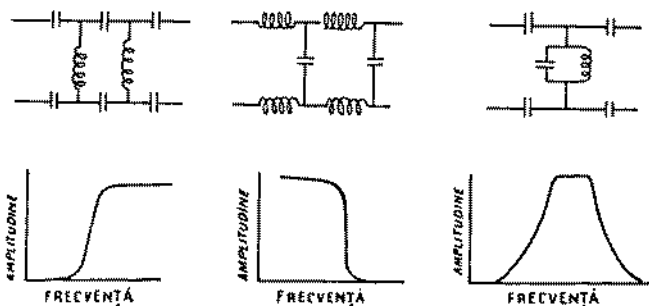


Fig. 42. — Filtre.

Dar și un simplu circuit oscilant constituie un filtru, iar circuitele cuplate pe care le-am considerat în ultimul paragraf constituie un filtru de bandă. Într'adevăr din fig. 41 rezultă că la un cuplaj puțin mai mare decât cuplajul critic, obținem un efect de filtru de bandă în secundar. Acest filtru de bandă obținut prin cuplarea potrivită a două circuite oscilante e foarte întrebuițat

în superheterodine (la media frecvență). Filtrele găsesc întrebuințări din ce în ce mai întinse și mai variate. Construcția lor este de obicei mai complexă decât schemele date aci, iar studiul lor depășește cu mult cadrul acestei lucrări.

CAPITOLUL VII

UNITĂȚI DE ATENUARE

Decibelul

Decibelul este o unitate de atenuare. Cu alte cuvinte este o unitate care exprimă slăbirea unui semnal.

Și cum noțiunea de slăbire se leagă de ideea raportului între puterea semnalului emis P_1 și puterea semnalului recepționat P_2 , avem

$$\frac{P_1}{P_2} = a.$$

Prin urmare raportul între puterea emisă și puterea recepționată este egală cu « a » care este coeficientul de atenuare.

Cetitorul ar putea crede că acest raport este unitatea căutată. Dar din motive pe cari le vom vedea îndată, s'a găsit că este mult mai bine de a lua nu raportul puterilor ci logaritmul acestui raport. Avem așa dar

$$\log_{10} \frac{P_1}{P_2} = N \text{ bel.}$$

«Bel» fiind unitatea de atenuare.

Denumirea a fost dată în amintirea lui Graham Bell inventatorul telefonului, iar unitatea «bel» se scrie cu un singur «l» pentru a evita confuzia ce s'ar putea face cu «bell» care înseamnă pe englezește clopot.

De obicei se întrebuințează o unitate de 10 ori mai mică decât «bel»-ul, «decibelul».

Avem prin urmare

$$10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} = N \text{ decibeli.}$$

Aceasta este definiția decibelului.

În loc de a face raportul puterilor este adeseori mai la îndemână de a face raportul intensităților sau al voltajelor. Puterea fiind proporțională cu patratul intensităților sau cu pătratul voltajului aplicat (pe o aceeași rezistență), avem:

$$N \text{ decibeli} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} = 10 \log_{10} \frac{I_1^2}{I_2^2} = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2}$$

prin urmare

$$N \text{ decibeli} = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2}$$

și

$$N \text{ decibeli} = 20 \log_{10} \frac{V_1}{V_2}.$$

Am văzut la începutul acestui capitol că atenuarea se exprimă prin raportul (sau logaritmul raportului) dintre puterea semnalului emis și puterea semnalului recepționat. De aci rezultă că a doua definiție care se referă la raportul intensităților sau al voltajelor implică neapărat aceeași rezistență sau aceeași impedanță în circuitul emițător și receptor.

Unitatea de atenuare «decibelul» a fost extinsă. În primul rând decibelul nu se întrebuintează numai pentru slăbirea semnalelor produse de o linie ci și pentru întărirea semnalelor produse de un amplificator.

În primul caz raportul ia semnul negativ, avem prin urmare o pierdere de atâți «decibeli», iar în cazul al doilea raportul e considerat pozitiv și avem un câștig de atâți «decibeli».

În al doilea rând «decibelul» se întrebuințează și pentru a indica diferența de nivel între două semnale deosebite.

Să vedem acum de ce s'a ales logaritmul raportului dintre puteri și nu raportul simplu.

Două au fost motivele cari au determinat această alegere, primul pentru simplificarea calculelor, iar al doilea de ordin fiziologic.

Simplificarea calculelor se vede imediat dacă luăm cazul unei linii formate din mai multe secțiuni cu amortizări a_1, a_2, a_3 , etc. și amplificatori A_1, A_2, A_3 .

Raportul între semnalul recepționat și semnalul emis va fi exprimat prin fracția

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_1 \times A_2 \times A_3}{a_1 \times a_2 \times a_3}.$$

Dacă însă luăm logaritmul raportului și exprimăm atenuarea și amplificarea prin logaritmi, avem:

$$\log \frac{P_2}{P_1} = \log A_1 + \log A_2 + \log A_3 - \log a_1 - \log a_2 - \log a_3.$$

Vedeam așa dar că înmulțirile și împărțirile au fost înlocuite prin adunări și scăderi.

Considerentul fiziologic se bazează pe faptul că impresiile sonore sunt proporționale cu logaritmul intensităților (legea lui Fechner).

Dacă avem de exemplu un sunet produs cu un miliwatt și apoi mărim acest sunet (cu ajutorul amplificatorului) la 10 miliwați constatăm că adăugarea a 9 miliwați produce o anumită întărire a semnalului. Semnalul pare a fi crescut cu o anumită cantitate, să zicem, cu o unitate. Să producem acum un al treilea semnal care să pară mai puternic decât ultimul semnal tot cu o unitate. Constatăm că pentru a obține această a doua unitate nu este de ajuns să adăugăm tot 9 miliwați ca în primul caz ci tre-

bue să mărim puterea dela 10 la 100 de miliwați (adăugând adică 90 miliwați). Prin urmare trebuie să mărim puterea în *același raport*, în care am mărit-o prima oară. Or logaritmi cresc tocmăi în felul acesta reprezentând prin diferențe egale creșteri proporționale. Avem:

$$\begin{aligned}\log. 10 &= 1 \\ \log. 100 &= 2 \\ \log. 1000 &= 3 \\ \log. 10.000 &= 4\end{aligned}$$

Iată prin urmare de ce *logaritmul* raportului dintre puteri (și nu raportul simplu) ne dă imaginea exactă a impresiilor auditive.

În sfârșit un «decibel» corespunde în mod aproximativ cu cea mai mică diferență de intensitate pe care o poate percepe urechea, adică 1,26. Cu alte cuvinte, ca să se poată observa că un sunet este mai puternic decât altul, raportul dintre puteri trebuie să fie de cel puțin 1,26.

Din toată expunerea de mai sus se vede că un rezultat oarecare exprimat în decibeli nu dă o informație completă atâta timp cât nu se precizează și nivelul de plecare, nivelul zero. În anumite cazuri acest nivel de plecare nu prea are importanță, în alte cazuri însă se simte nevoia de a-l preciza și rezultatul în decibeli se completează prin indicarea nivelului de plecare.

Anumite nivele au fost stabilite odată pentru totdeauna. Astfel avem în radiotehnică nivelul zero la:

1 miliwat alimentare pentru o audiție în cască
50 miliwați » » » » difuzor.

Neperul

Neperul este o unitate foarte asemănătoare cu decibelul, care se definește astfel:

$$N \text{ neperi} = \frac{1}{2} \log_{nep.} \frac{P_1}{P_2}$$

de unde rezultă coeficiențele de transformare

$$1 \text{ decibel} = 0,115 \text{ neperi}$$

$$1 \text{ neper} = 8,686 \text{ decibeli}$$

Pentru a termina iată câteva cifre cari vor preciza mai bine noțiunea de decibel.

Gama de sensibilitate a urechii este de 130 decibeli. Decibelul fiind precum am arătat cea mai mică diferență de tărie pe care o putem percepe, rezultă că urechea cuprinde 130 de «trepte» de tărie, între sunetul cel mai slab și cel mai puternic. Aceasta reprezintă o gamă foarte întinsă mergând dela unu, la zece mii de miliarde.

Muzica de orchestră cuprinde o gamă de vreo 60 de

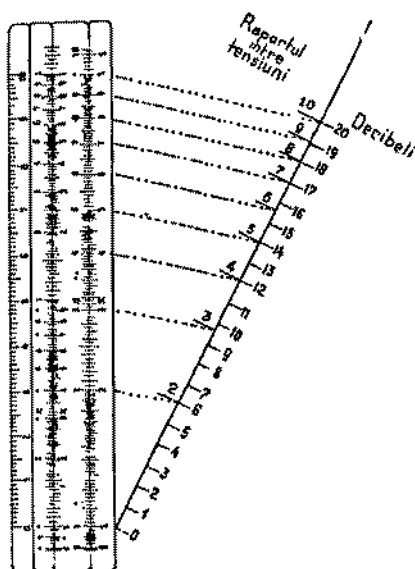


Fig. 43. — Gradarea în decibeli cu ajutorul riglei de calcul.

decibeli, iar audițiile radiofonice obișnuite vreo 30 de decibeli.

În sfârșit pentru ca un post de radio perturbator să fie eliminat se cere o atenuare de vreo 30 de decibeli față de postul care trebuie recepționat.

Fig. 43 ilustrează o metodă foarte simplă și rapidă de a împărți o linie în decibeli, prin simpla transpunere a gradațiilor unei rigle de calcul.

Dăm mai departe un tabel de decibeli cu echivalentul lor.

Nr. de decibeli	Raportul între curenți sau tensiuni	Raportul între puteri
1	1,122	1,259
5	1,778	3,162
10	3,162	10
15	5,623	31,62
20	10	100
30	31,62	1000
40	100	10 ⁴
50	316,2	10 ⁵
60	1000	10 ⁶
70	3162	10 ⁷
80	10000	10 ⁸
90	31620	10 ⁹
100	100000	10 ¹⁰

CAPITOLUL VIII

OSCILAȚII ȘI UNDE

Oscilații

Prin « oscilații » înțelegem deplasarea periodică a unui sistem mecanic sau electric în jurul unei poziții de echi-

libru. Avem de exemplu: oscilațiile unui pendul, unui arc, unui diapazon, unei coarde, unui circuit electric oscilant (bineînțeles că aci este vorba de oscilația unui curent), etc.

Am studiat oscilația electrică în capitolul IV și am văzut că este caracterizată prin *frecvență* și *amplitudine*. Am mai văzut că variația amplitudinei în raport cu timpul este sinusoidală. Aceasta este forma normală a oscilațiilor simple.

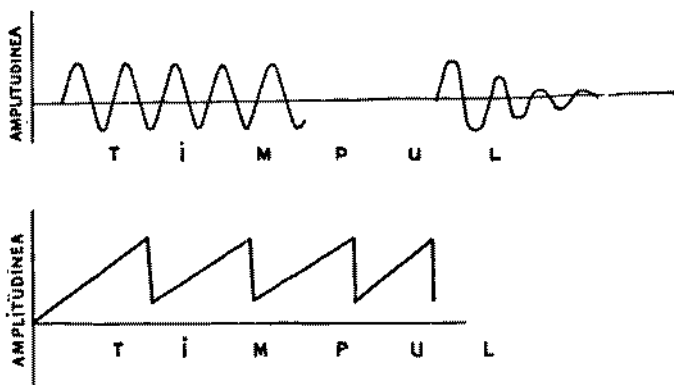


Fig. 44. — Oscilații întreținute și amortizate.

Fig. 45. — Oscilații de relaxare.

Oscilațiile sunt sau întreținute sau amortizate fig. 44.

Există însă și o altă categorie de oscilații «oscilații de relaxare» a căror formă e dată în fig. 45. Cum aceste nu găsesc deocamdată întrebuințări în radio (decât, în anumite montaje de superreacție) nu ne vom opri asupra lor ¹⁾.

¹⁾ Cititorul care se interesează de «oscilațiile de relaxare» le poate găsi în cartea mea «Televiziune», pag. 44.

Undele

Oscilațiile produc în jurul lor perturbații cari se numesc «unde», și se propagă cu o viteză care depinde de natura mediului.

Astfel un diapazon izbește aerul și-l comprimă, pe urmă se retrage și astfel aerul se destinde. Aceste comprimări și desinderi ale aerului se transmit la straturile învecinate și astfel se propagă mai departe.

Este de notat că moleculele de aer joacă pe loc, se strâng și se depărtează unele de altele fără ca să se formeze un curent de aer care pleacă dela diapazon.

Viteza de propagare a sunetului este de 340 metri pe secundă. Dacă diapazonul vibrează de 340 ori pe secundă trebuie să producă tot atâtea straturi de aer comprimat, cari fiind desfășurate pe o distanță de 340 metri, trebuie să se afle la un metru unul de altul. În acest caz lungimea de undă produsă este de un metru. Avem următoarea relație fundamentală:

Viteza de propagare = lungimea de undă \times frecvența

$$V = \lambda \times f$$

sau

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

În radio avem aceeași relație, dar viteza undelor herțiene este de 300.000 kilometri pe secundă. Ca atare o antenă care e sediul unei frecvențe de 1000 de Kc produce o undă de

$$\lambda = \frac{300.000}{1.000.000} = 0,3 \text{ km} = 300 \text{ m.}$$

Prin urmare relația între frecvență și lungime de undă este

$$f = \frac{300.000}{\lambda}$$

sau

$$kc = \frac{3 \times 10^2}{\lambda}$$

λ fiind exprimat în kilometri și
 kc fiind 1000 de cicluri.

Viteza undelor herțiene fiind așa dar de aproape un milion de ori mai mare decât viteza sunetului, rezultă că un concert radiodifuzat, se aude la o distanță de 1000 km de exemplu, înainte ca sunetul să fi ajuns la publicul din sală care ocupă primele locuri.

Rezonanță

Dacă dăm brânci unui leagăn de câte ori ajunge la sfârșitul cursei putem produce oscilații foarte mari cu impulsuri succesive slabe.

Prin faptul că impulsurile se produc la momentul potrivit efectele lor se însumează și dau naștere unor oscilații de mari amplitudini. Spunem că leagănul a intrat în rezonanță cu impulsurile ce i s'au aplicat.

Dacă impulsurile s'ar aplica cu altă frecvență ar isbi leagănul înainte de a ajunge la sfârșitul cursei, l-ar frâna și în cele din urmă l-ar opri. De fapt nici n'ar putea să producă deplasări apreciabile.

Tot astfel undele sonore produse de un diapazon fac să vibreze un alt diapazon, dacă acesta are aceiași frecvență.

Astfel impulsurile succesive produse de undele sonore apar întotdeauna în momentul potrivit și se însumează, ca și în cazul leagănului considerat mai sus.

Diapazonul intră în rezonanță.

Rezonanța stă la baza transmisiunilor radioelectrice. Toată lumea știe că aparatul de recepție trebuie acordat cu emițătorul căci numai astfel intră în rezonanță și numai astfel percepe semnalul emis, — separându-l totodată de celelalte semnale.

Interferența

Dacă două unde se întâlnesc în spațiu, se produce o însumare în care trebuie să se țină seamă de sensul lor relativ.

În fig. 46 avem două unde cu zonele pozitive suprapuse, și cu zonele negative suprapuse. Unda rezultantă se obține prin simplă adunare.

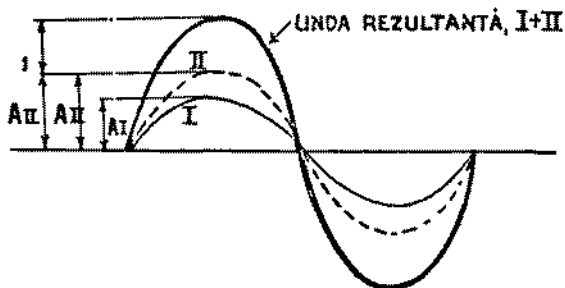


Fig. 46. — Insumarea a două unde în fază.

În fig. 47 una din unde este deplasată față de cealaltă, avem regiuni în care o sinusoidă este pozitivă și cealaltă negativă. În acest caz însumarea se face prin scădere. Unda rezultantă trece prin zero în punctul unde ampli-

tudinea pozitivă a sinusoidei I este egală cu amplitudinea negativă a sinusoidei II.

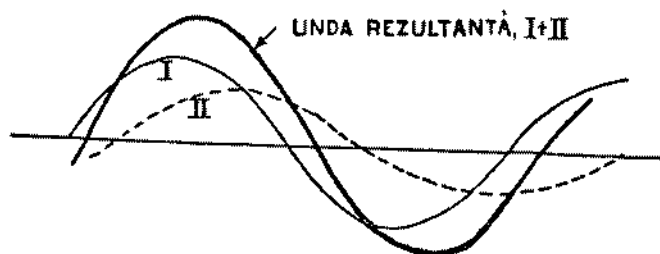


Fig. 47. — Insumarea a două unde defazate.

Dacă avem acum două unde de aceeași frecvență, și de aceeași amplitudine, deplasate una față de alta cu o jumătate de undă, însumarea lor duce la o suprimare completă a mișcării ondulatorii, fig. 48. În acest caz

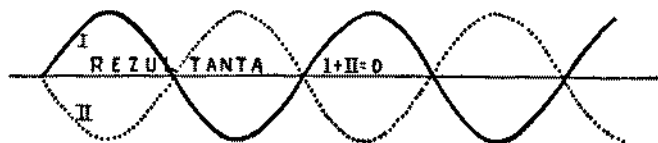


Fig. 48. — Interferență.

un sunet suprapus pe alt sunet produce tăcere, lumină adăugată la lumină produce întuneric. Avem interferență.

Armonici, teorema lui Fourier

Oscilațiile sinusoidale simple sunt însoțite de obicei de alte sinusoide cu frecvențe de 2, 3, 4, 5, etc. ori mai mari decât fundamentală. Acestea se numesc: armonica

2-a, 3-a, 4-a, 5-a, etc. Insumarea lor la fundamentală deformează sinusoida pură a acesteia, precum se poate vedea în fig. 49.

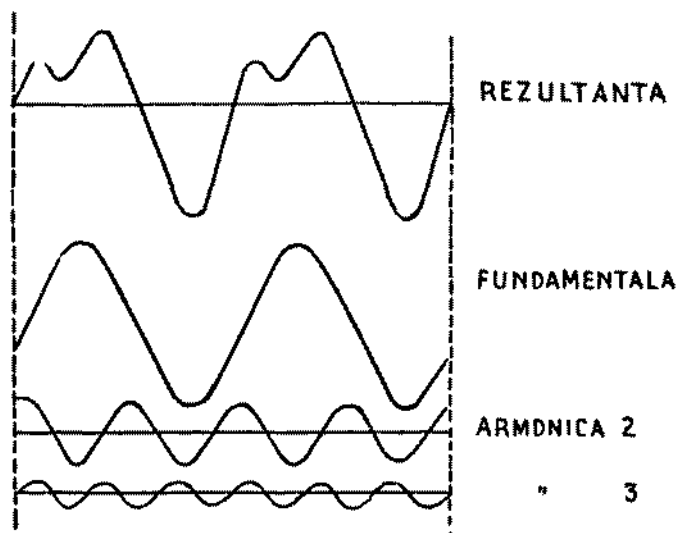


Fig. 49. — Deformarea sinusoidelor prin adăugarea armonicilor.

Bineînțeles că forma completă rezultantă se poate descompune în elementele din care a fost compusă: fundamentală plus una sau mai multe armonici.

Fourier a arătat că o funcțiune periodică oarecare poate fi întotdeauna descompusă într-o serie a cărei termeni sunt funcțiuni sinusoidale pure. Cu alte cuvinte dacă înlocuim sinusoida dela care am pornit printr-o linie oricât de neregulată, fig. 50 putem ajunge întotdeauna la această linie prin însumarea mai multor sinusoidale pure de diferite amplitudini și frecvențe.

Am pornit dela ideea unui ciclu complet (linia din fig. 50) care prin urmare trebuie să se repete întocmai

și ca atare este evident că și sinusoidale componente trebuie să se repete întocmai și în al doilea ciclu. Așa dar frecvențele sinusoidelor trebuie să fie un multiplu întreg



Fig. 50. — Orice variație periodică poate fi descompusă într-o serie de sinusoidale componente.

al fundamentalei, cu alte cuvinte trebuie să fie armonicele ei.

Teorema lui Fourier are numeroase și importante aplicații în radio. Dacă de exemplu vrem să obținem o frecvență de câteva ori mai ridicată decât frecvența oscilației de care dispunem, deformăm sinusoida și extragem frecvența căutată printr'un circuit acordat pe această frecvență ridicată.

Deformarea sinusoidalei se face foarte ușor de exemplu teșind-o, prin schimbarea negativării de sită.

Astfel se dublează în mod curent frecvențele cristalelor de cvartț cari nu pot fi tăiate în lame destul de subțiri pentru a produce frecvențe foarte ridicate.

PARTEA A II-a

LEGĂTURA RADIOELECTRICĂ

CAPITOLUL IX

ANTENE ȘI CADRE

Antena este organul de legătură între aparatul de emisie (sau de recepție) — și mediul înconjurător. Se mai poate spune că antena este organul de cuplaj cu mediul înconjurător, sau în sfârșit organul de radiație al emisiunii și colectorul de energie al recepției.

Se cunosc diferite tipuri de antene, dar cea mai întrebuintată este cea din fig. 51 cunoscută sub numele de «antena Marconi».

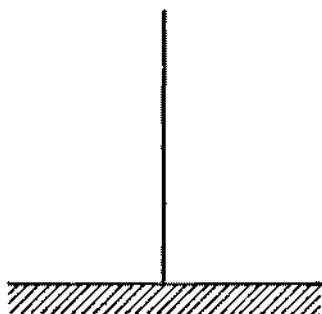


Fig. 51. — Antena Marconi.

Antena Marconi

Antena constituie de fapt un circuit oscilant deschis, după cum se poate vedea în fig. 52 care arată trecerea dela circuitul oscilant închis la circuitul oscilant deschis.

Circuitul oscilant deschis se caracterizează prin desfășurarea sau risipirea liniilor de forță în spațiul înconjurător, cu care formează astfel o mult mai bună legătură decât circuitul oscilant închis care are liniile de forță strânse într'un mănunchiu.

Circuitul oscilant deschis mai prezintă particularitatea de a avea capacitatea și inductanța distribuite pe toată lungimea, spre deosebire de circuitul oscilant închis care are atât inductanța cât și capacitatea concentrate într'o bobină și un condensator.

Intr'adevăr, tot firul antenei poate fi considerat ca armătura unui condensator, armătura cealaltă fiind pământul, iar inductanța este constituită din inductanța firului întins și ca atare și ea este distribuită pe toată întinderea.

Din cauza capacității și inductanței distribuite, curentul are valori eficace diferite în diferitele puncte ale antenei.

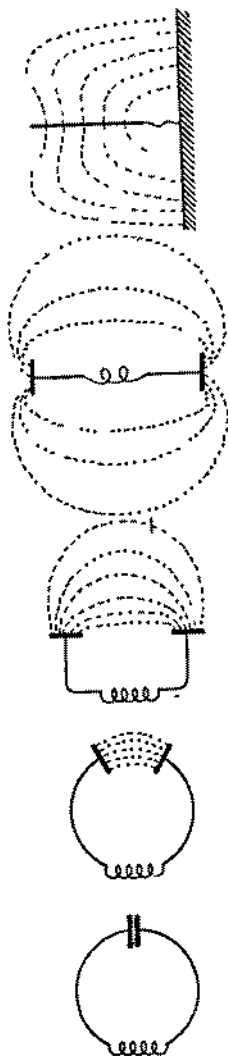


Fig. 52. — Circuitul oscilant deschis.

Antena vibrează ca o coardă, fig. 53, cu alte cuvinte este sediul unor unde staționare. Antena considerată aci, antena Marconi, vibrează pe $\frac{1}{4} \lambda$, fig. 54, în deose-

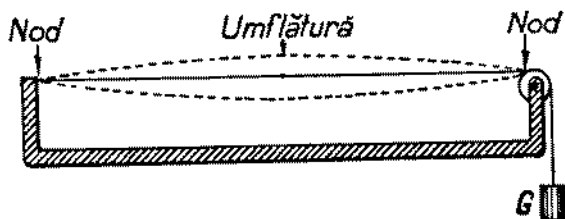


Fig. 53. — Vibrația unei coarde.

bire de coarda din fig. 53 care vibrează pe jumătate lungime de undă. Astfel o antenă înaltă de 91 m, vibrează pe 364 m, cazul antenei de emisiune a postului « Radio-București », dela Băneasa ¹⁾.

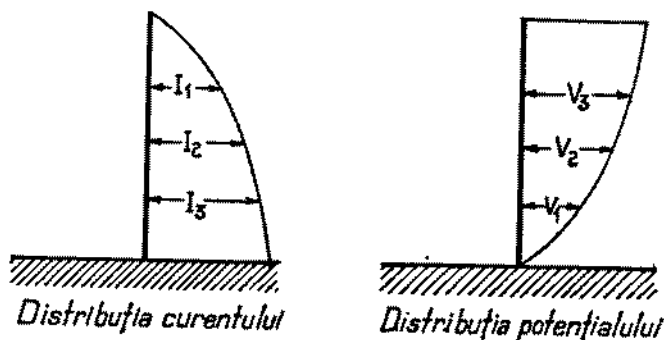


Fig. 54. — Distribuția curentului și voltajului într-o antenă verticală.

¹⁾ Aceste date sunt aproximative, întrucât viteza de propagare a undelor în conductori este ceva mai mică decât viteza de propagare în spațiu. Astfel o antenă de 100 m lungime nu vibrează pe o undă de 400 m ci pe $400 \times 1,12 = 448$ m, 1,12 fiind factorul de corecție pentru diferența de viteză.

Din fig. 54 se vede că intensitatea maximă a curentului e la bază, iar la vârf intensitatea scade la zero. Lucrul acesta este firesc, căci în alternanța coboritoare electronii n'au de unde veni și în alternanța ascendentă n'ar avea unde să se ducă. Ca atare în acest punct nu avem curent.

Distribuția potențialului e tocmai inversă, fig. 54. Adică la baza antenei nu avem fluctuații de tensiune ceea ce este deasemenea firesc, acest punct fiind scurt circuitat la pământ. În schimb vârful antenei este sediul fluctuațiilor maxime de tensiune.

Din cauza distribuției neuniforme de curent și de tensiune în timpul funcționării, capacitatea și inductanța antenei în acest caz diferă de capacitatea și inductanța statică. Cu alte cuvinte, dacă se deslegă de exemplu antena de pământ și i se măsoară capacitatea se va găsi o altă valoare decât în timpul funcționării, pentru simplul motiv că în timpul funcționării nu avem toată antena la același potențial așa cum o avem când o deslegăm pentru a face măsurătoarea.

Pentru ca o antenă să vibreze pe o anumită frecvență nu este neapărată nevoie să aibă o anumită lungime.

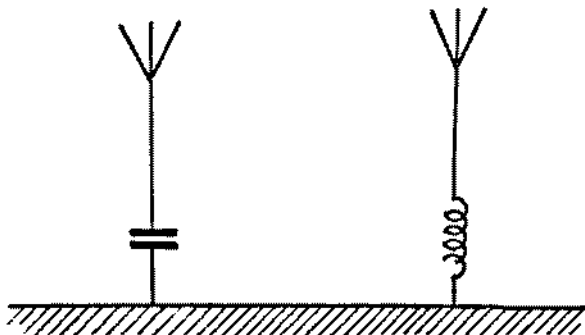


Fig. 55. — Scurtarea și lungirea antenei prin adăugarea unui condensator sau a unei inductanțe.

Frecvența proprie a unei antene poate fi modificată prin simpla adăugare a unui condensator sau a unei induc-tanțe, montate la baza ei, fig. 55. În primul caz antena

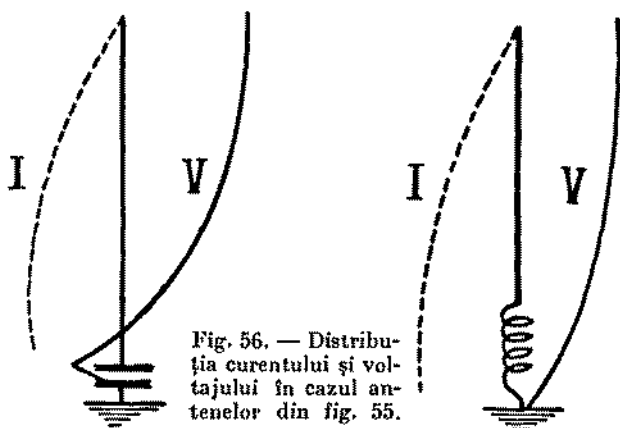


Fig. 56. — Distribuția curentului și voltajului în cazul antenelor din fig. 55.

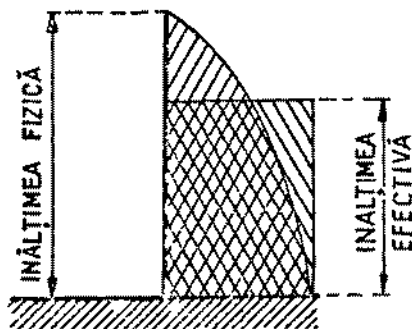


Fig. 56 bis. — Înălțimea efectivă.

se «scurtează» adică frecvența se mărește, iar în al doilea caz antena se «lungeste», frecvența scade. Astfel se face acordul antenei. Fig. 56 ilustrează distribuția curentului și a tensiunii.

Dar o antenă nu trebuie să fie întotdeauna acordată. Această condiție se cere de obicei la emisie, însă nu la recepție. Recepția se face aproape întotdeauna pe antene desacordate.

Înălțimea efectivă

Caracteristica de căpetenie a unei antene nu este frecvența ei proprie care poate fi ușor modificată precum am arătat, — și nici nu interesează întotdeauna.

Caracteristica de căpetenie este *înălțimea efectivă a antenei*. Prin aceasta înțelegem înălțimea electrică a antenei (în deosebire de cea fizică), care ne dă o măsură a puterii ei de radiație.

Iată și definiția exactă: Înălțimea efectivă a antenei este înălțimea unei antene verticale ideale care ar radia aceeași putere cu antena considerată, — pe aceeași lungime de undă, — parcursă fiind pe toată lungimea ei de un curent de intensitate constantă și egală cu acela care parcurge umflătura antenei considerate.

Din fig. 56 se vede că înălțimea efectivă e dată de înălțimea dreptunghiului care are aceeași bază și aceeași suprafață cu suprafața delimitată de sinusoidă.

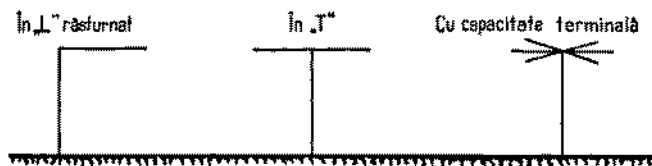


Fig. 57. — Completarea antenelor verticale.

Antenele obișnuite de radio nu se reduc la un fir vertical, fig. 51 ci se continuă de obicei cu o porțiune orizontală. Fig. 57 reprezintă antena în «L» răsturnat, în «T» și antena cu o capacitate terminală. Distribuția

curentului e dată în fig. 58 din care reiese folosul porțiunii orizontale, care mărește înălțimea efectivă a antenei. Cu alte cuvinte, o antenă de aceeași înălțime geometrică își mărește înălțimea efectivă.

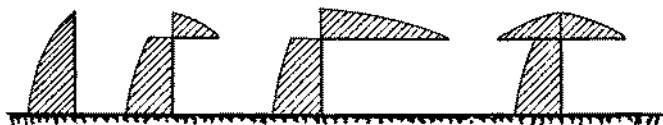


Fig. 58. — Distribuția curentului în cazul antenelor din fig. 57.

Pentru a preciza ideile asupra înălțimii efective iată acum și câteva cifre.

O antenă verticală care vibrează pe sfert de lungime de undă are o înălțime efectivă de 0,7 din înălțimea ei geometrică. Dacă antena este mult mai scurtă de $\frac{1}{4} \lambda$ (fiind completată jos printr'o inductanță mare, sau fiind sediul unor oscilațiuni forțate), atunci înălțimea efectivă ajunge la 0,5 din înălțimea geometrică, — întrucât o porțiune mică din sinusoidă poate fi considerată ca o dreaptă, așa încât suprafața hașurată se reduce la un triunghi iar dreptunghiul cu aceeași suprafață are jumătate din înălțimea acestuia.

Antena în «L» răsturnat are o înălțime efectivă care variază între 0,5 și 1, din înălțimea geometrică, această din urmă valoare fiind atinsă în mod practic atunci când porțiunea orizontală este de 10 ori mai mare decât porțiunea verticală.

Puterea radiată de o antenă

Puterea radiată de o antenă depinde de 3 factori:

1. curentul I (în amperi);
2. frecvența f (în cicli pe secundă);
3. înălțimea efectivă a antenei h (în metri).

Energia radiată e dată de formula :

$$1,76 \times 10^{-8} h^2 f^2 I^2 \text{ wați.}$$

Așa dar puterea radiată în formă de unde electromagnetice este proporțională cu I^2 (vezi legea lui Joule, cap. II) și cu $(h^2 f^2)$.

Acest din urmă termen se mai numește și rezistența de radiație și corespunde cu rezistența ohmică din legea lui Joule :

$$W = I^2 R \text{ ohmic}$$

în care

$$R \text{ ohmic} = \rho \frac{l}{s}$$

iar în cazul antenei

$$W = I^2 R \text{ radiație}$$

în care

$$R \text{ radiație} = h^2 f^2.$$

Din cele de mai sus se poate defini rezistența de radiație ca fiind raportul între puterea totală radiată și pătratul curentului.

Un post de emisiune este caracterizat prin puterea pe care o radiază în formă de unde electromagnetice, spunem că are atâția wați sau atâția kilowați, — după cum un încălzitor electric este caracterizat prin puterea pe care o radiază în formă de căldură, să zicem de exemplu 500 wați.

După cum căldura radiată de un conductor produce o anumită temperatură într'un anumit punct din mediul apropiat, temperatură ce depinde de distanță, de mediul înconjurător, etc. — tot astfel și puterea radiată de o antenă în formă de unde electromagnetice produce

într'un anumit punct un câmp electric a cărui intensitate depinde de distanță, de natura terenului, etc.

Câmpul electric se exprimă în volți pe metru, ceea ce înseamnă că diferența de potențial pe care o determină acest câmp între două puncte așezate unul deasupra celuilalt la o înălțime de un metru este de atâția volți.

Semnalul cules de o antenă receptoare depinde de acest câmp și de înălțimea ei efectivă. Voltaajul obținut la baza antenei este dat de produsul:

Inălțimea efectivă \times intensitatea câmpului.

Semnalul acesta exprimat în volți se aplică la aparatul de recepție care îl amplifică pentru a alimenta casca sau difuzorul. Cu cât receptorul e mai sensibil cu atât semnalul poate fi mai slab și cu atât se pot prinde posturi mai îndepărtate. Cele mai sensibile receptoare pot alimenta casca în mod normal (cu un debit de un miliwatt), sau difuzorul (50 miliwați), sub influența unui semnal de aproximativ un microvolt. S'ar putea construi aparate mai sensibile dar n'ar folosi fiindcă această valoare este nivelul fondului de paraziți care există aproape peste tot. Cu alte cuvinte, semnalele cari produc mai puțin de un microvolt ar fi aproape întotdeauna acoperite de paraziți.

Semnalul produs de Radio-București de exemplu este de aproximativ 0,075 volți pe metru în București. Așa dar o antenă cu o înălțime efectivă de 4 metri de exemplu, va da un semnal de 0,3 volți.

Se consideră că pentru o recepție pe galenă este nevoie de cel puțin 5 milivolți pe metru, iar zona de serviciu a unei stațiuni de radio-difuziune este socotită zona în care intensitatea câmpului este mai mare de 2,5 milivolți pe metru.

Din cele de mai sus reiese că înălțimea efectivă a unei antene este o caracteristică importantă nu numai pentru emisiune dar și pentru recepție.

La recepție se poate compensa însă ușor lipsa înălțimei efective prin mărirea amplificării care nu cere o cheltuială prea mare.

Determinarea rezistenței de radiație

Înălțimea efectivă a unei antene nu se poate afla decât prin calcul, și numai la antenele simple. Astfel există tabele cari dau o înălțime efectivă a antenelor în « L » răsturnat și în « T » răsturnat pentru diferite raporturi între înălțime și lungime. Precum am văzut această înălțime efectivă variază între 0,5 și 1 din înălțimea geometrică.

Rezistența de radiație poate fi calculată pentru cazuri simple prin formula

$$R_{RAD} = 1579 \left(\frac{h}{\lambda} \right)^2$$

în care

h = înălțimea efectivă a antenei în metri.

λ = lungimea de undă în metri.

Formula se aplică la antenele verticale (cu porțiunea orizontală neglijabilă) a căror înălțime este mai mică de $\frac{1}{4} \lambda$.

Pentru lungimi mai mari, până la $\frac{1}{4} \lambda$, valorile sunt numai aproximativ corecte. Rezistența exactă a unei antene verticale care vibrează pe sfert de lungime de undă, legată de un teren perfect conductor este de 36,57 ohmi. Rezistența de radiație nu poate depăși această valoare în cazul antenei considerate.

Pentru a găsi adevărata rezistență de radiație, ținând seamă de toți factorii cari intervin în practică (conductibilitatea imperfectă a terenului, etc.) se măsoară energia radiată de antenă și se deduce înălțimea efectivă.

Se poate proceda în două feluri:

1. se măsoară intensitatea câmpului radiat de antenă la o distanță mică (1—5 km);

2. se măsoară radiația chiar la antenă, de obicei prin metoda rezistenței adiționale.

În primul caz avem următoarea formulă:

$$h = \frac{\epsilon d}{1,26 FI}$$

în care

h = înălțimea efectivă în metri;

ϵ = câmpul în microvolți pe metru;

d = distanța emisie-recepție în km;

f = frecvența în kilocicli;

I = curentul antenei în punctul de alimentare.

De notat că intensitatea câmpului, produs de antenă este proporțional cu I , adică cu \sqrt{P} , puterea « P » fiind egală cu $I^2 R$. Această înseamnă că măbind de exemplu puterea unui post de emisiune dela 1 kilowatt la 4 kilowati, câmpul într'un anumit punct se va dubla numai, dar energia disponibilă la receptor va crește tot în raportul dela 1 la 4, căci dublând voltajul dublăm curentul și energia disponibilă este proporțională cu I^2 .

Metoda rezistenței adiționale

Cu a doua metodă se măsoară curentul normal la baza antenei și după aceea se adăugă în circuitul antenei o rezistență de valoare cunoscută și se măsoară curentul din nou. Bineînțeles că se găsește un curent mai slab. Scăderea intensității ne dă o măsură a rezistenței necunoscute pe care am avut-o la început. Cu cât rezistența antenei a fost mai mare, cu atât rezistența adițională va influența curentul într'o mai mică măsură.

Forța electromotrice aplicată la baza antenei fiind aceeași cu și fără rezistența adițională, avem:

$$\left. \begin{array}{l} E = I R_{ANT} \text{ și} \\ E = i (R_{ANT} + r_{aditional}) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{deci } I R_{ANT} = i (R_{ANT} + r_{ad}) \\ \text{sau } R_{ANT} = \frac{i}{I - i} r_{ad} \end{array}$$

în care

E = forța electromotrice aplicată;

R_{ANT} = rezistența antenei;

r_{ad} = rezistența adițională;

I = curentul inițial din antenă;

i = curentul din antenă după adăugarea rezistenței adiționale.

Din valoarea aflată se va scădea firește rezistența ampermetrului termic care a servit la măsurători.

Astfel se află rezistența totală a antenei.

Rezistența totală = $R_{\text{radiație}} + \text{Pierderi}$.

Pierderile constau din rezistența sârmei (se va ține seama de rezistența în înaltă frecvență, cap. III), pierderile în dielectric, rezistența prizei de pământ, plus scurgeri. Rezistența ohmică nu se poate evalua decât în mod aproximativ. Fig. 59 arată cum variază diferitele rezistențe cu frecvența. Când antenna este perfect acordată rezistența de radiație atinge valoarea maximă. Trebuie să se lucreze în regiunea indicată în fig. 59 unde rezistența de radiație este mare, față de rezistențele celelalte.

Din calculul de mai sus putem afla prin scădere rezistența de radiație, iar energia radiată de antenă va fi dată atunci de formula obișnuită, RI^2 :

$$R_{\text{radiație}} \times I^2 \text{ wați}$$

Antena postului național dela Bod-Brașov, are următoarele caracteristici:

rezistența de radiație 13,5 ohmi (calculată prin metoda rezistenței adiționale);

curentul la baza antenei 106 amperi;

energia radiată $106^2 \times 13,5 = 151,6$ kw.

(Măsurători făcute în timpul probelor de recepționare a postului).

Antene mai mari un sfert de lungime de undă

Antenele Marconi considerate până aci, vibrează pe cel mult un sfert de lungime de undă.

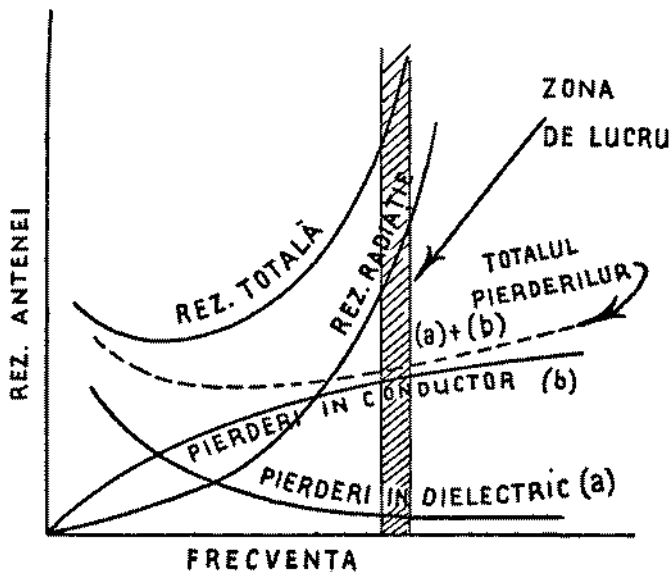


Fig. 59. — Variația rezistențelor dintr'o antenă, cu frecvența.

FUNDAMENTALA

ARMONICELE

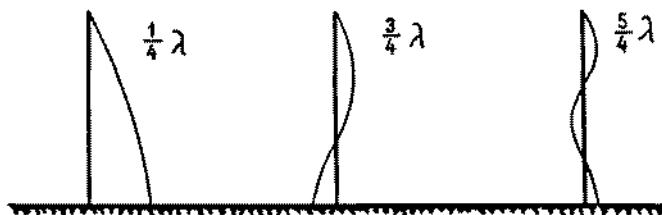


Fig. 60. — Antene de $\frac{1}{4}\lambda$, $\frac{3}{4}\lambda$, $\frac{5}{4}\lambda$.

Această valoare poate fi depășită. Fig. 60 arată antene .
cari vibrează pe

$$1 \times \frac{1}{4} \lambda, 3 \times \frac{1}{4} \lambda, 5 \times \frac{1}{4} \lambda, \text{ adică}$$

pe multiplii fără soț a sfertului de lungime de undă. Spunem că prima antenă vibrează pe fundamentală, iar celelalte pe armonica 3-a și a 5-a.

În felul acesta avem întotdeauna umflătura de curent la pământ, căci este evident că trebuie să avem neapărat un nod de tensiune la pământ.

Totuși se construiesc și antene cari vibrează pe jumătate lungime de undă, de exemplu antena postului regional din Chișinău, Radio-Basarabia.

În acest caz antena este sau izolată la bază, și alimentată într'un mod special, — sau în a doua alternativă se completează sfertul de lungime de undă necesar (pentru a avea cuvenitul nod de tensiune la pământ), — printr'o inductanță montată la baza antenei. Astfel s'a procedat la Chișinău.

Antenele mai lungi de un sfert de lungime de undă, au proprietatea de a radia energia mai orizontal. Fig. 61 reprezintă radiația mai multor antene într'un plan vertical.

Radiația orizontală maximă se obține cu o antenă de aproximativ 195° ¹⁾, cazul antenei dela Chișinău,

care are o lungime de 99 m. Avem $\frac{99 \times 1,12 \times 360}{212} = 193^\circ$.

(1,12 este coeficientul de corecție pentru viteza de propagare a curentului electric în conductor și 212 m este lungimea de undă).

¹⁾ Antena de un sfert de lungime de undă se mai numește și antenă de 90° , reprezentând un sfert de sinusoidă. Antena de jumătate lungime de undă este de 180° ș.a.m.d.

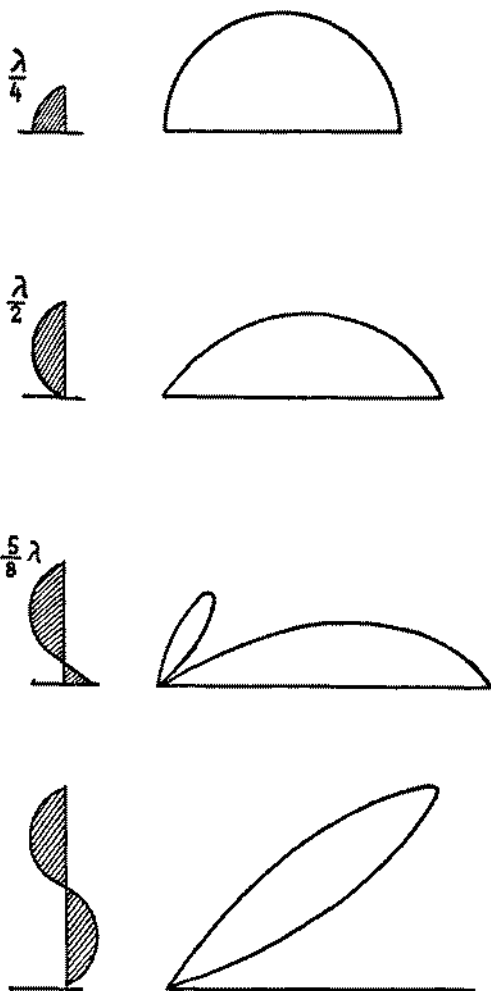


Fig. 61. — Radiația antenelor într'un plan vertical.

În felul acesta se mărește intensitatea undei directe în raportul de 1 la 1,4, în detrimentul undei indirecte care nu interesează pentru deservirea regulată a unei zone de radiodifuziune.

Este de notat că rezistența de radiație a antenelor mai mari de un sfert de lungime de undă depășește cu mult valoarea de 36,6 ohmi care a fost dată mai sus pentru aceste din urmă antene. Așa de exemplu Radio Basarabia are rezistența antenei de 180 ohmi.

Măsurarea rezistenței antenelor mai mari de un sfert de lungime de undă prezintă oarecari dificultăți.

Posturile de unde scurte cari trebuie să bată la distanțe mari în undă indirectă au alte antene, anume construite ca să radieze sub unghiul cel mai potrivit.

Antena Hertz

Antenele Marconi considerate până aci, erau toate legate de pământ care constituie completarea lor firească. Pământul îndeplinește funcțiunea de oglindă, fig. 62.

Când pământul nu este bun conducător de electricitate, antena se leagă de unul sau mai multe fire întinse deasupra pământului, — de preferință o plasă, — care constituie un pământ artificial, sau o contra greutate, fig. 63.

Un aeroplan în zbor îndeplinește funcțiunea de contragreutate a antenei, fig. 64.

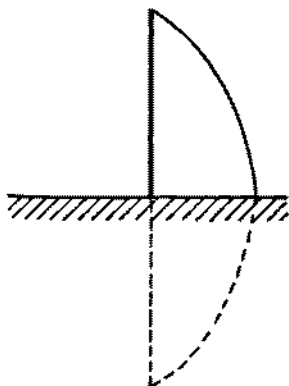


Fig. 62. — Pământul îndeplinește funcțiunea de oglindă.



Fig. 63. — Contra greutate.

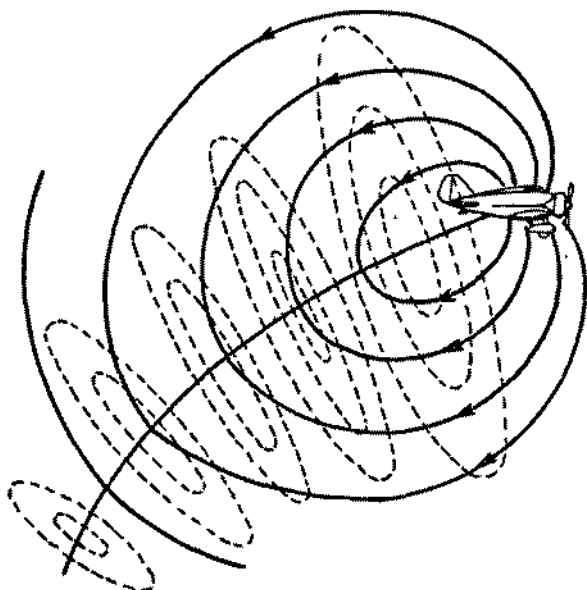


Fig. 64. — Antena unui avion, Avionul constituie o contra greutate.

Sistemul antenă-contra-grentate poate fi ridicat în sus și așezat în prelungire, chiar dacă lucrăm pe pământ. Avem în acest caz un dipol sau o antenă Hertz, fig. 65

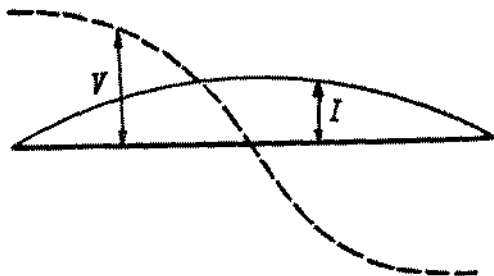


Fig. 65. — Antenă Hertz, dipol.

care vibrează pe jumătate lungime de undă, în deosebire de antenele Marconi care vibrează în mod normal pe sfert de lungime de undă.

Antena Hertz are umflătura de curent la mijloc, două noduri la capete și nu are nevoie de priză de pământ. Acest tip de antenă este indicat atunci când nu se poate face o priză de pământ destul de bună și mai ales când se lucrează pe unde scurte, întrucât pentru unde lungi dipolul ar deveni prea mare. Astfel pentru a radia o undă de 600 metri ar trebui un fir de 300 m lungime.

Antenele Hertz radiază în condițiuni mai bune când se ridică deasupra pământului. În acest caz ele trebuiesc alimentate, și după sistemul de alimentare, se împart în mai multe categorii.

Avem în primul rând alimentarea cu un singur fir, fig. 66. Acest fir nu intră în rezonanță și nu este sediul unor unde staționare fiindcă impedența se potrivește cu impedența antenei. Rezistența de radiație a antenei variază dela 73,2 ohmi la centru până la 2400 ohmi la capete.

Cum firul de alimentare are o impedanță de vreo 600 ohmi, se leagă undeva între centrul și capătul antenei

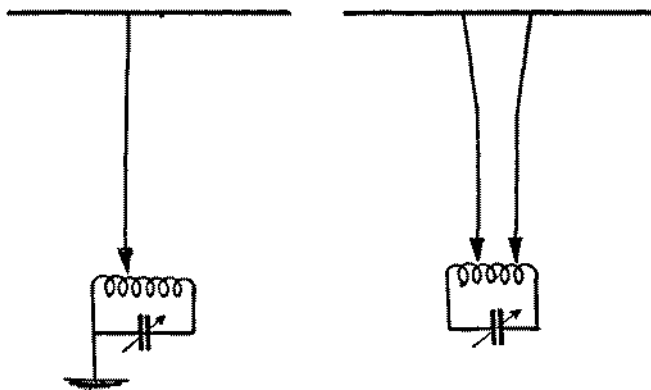


Fig. 66. — Alimentarea dipolului cu un singur fir și cu două fire.

DISTRIBUȚIA CURENTULUI

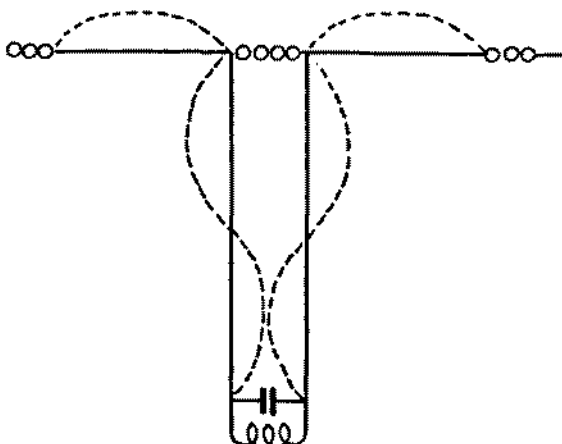


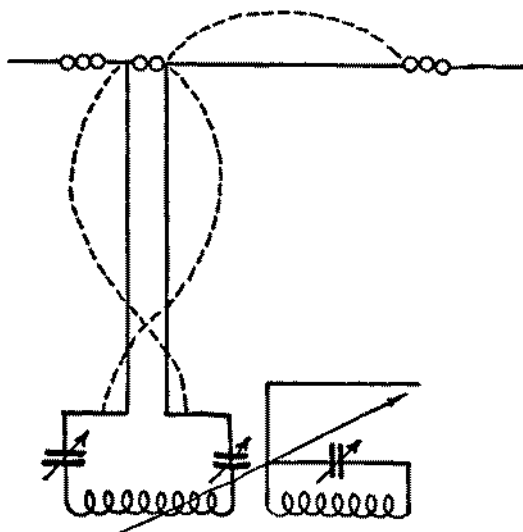
Fig. 67. — Alimentarea în curent, prin feeder acordați, antenă Zeppelin.

și anume la aproximativ $\frac{1}{8}$ până la $\frac{1}{4}$ din lungimea totală a antenei, această distanță fiind măsurată dela centru, fig. 66.

În loc de a alimenta pe un singur fir se poate face alimentarea cu două fire dispuse simetric ca în fig. 66. În fond lucrurile rămân neschimbate, doar că în acest caz numai e nevoie de o priză de pământ la postul de emisie.

În al doilea rând avem alimentarea prin fire acordate, care devin sediul unor unde staționare ca și antena.

DISTRIBUȚIA CURENTULUI



[Fig. 68. — Alimentarea în tensiune prin feeder acordați, antenă Zeppelin.

Această a doua categorie de antene se numesc « antene în zeppelin » sau « zepp ».

Pe când în primul caz firul poate avea orice lungime, în cazul feeder-ilor acordați, trebuie să existe o relație precisă între lungimea firelor și lungimea de undă, precum se poate vedea în fig. 67. Avem de fapt o antenă chită. Întrucât aceste fire nu trebuie să radieze, ele sunt duse unul lângă altul și deoarece produc câmpuri egale și de sens contrariu, radiația este împiedicată.

Alimentarea se poate face și «în tensiune», adică dela capătul antenei, fig. 68.

Efectele directive ale antenelor

O antenă verticală Marconi radiază uniform într'un plan orizontal. Fig. 61 reprezintă radiația în planul vertical. Intensitatea semnalului scade la zero deasupra unei antene verticale. În practică tot se mai percepe un semnal dar aviatorii știu că la trecerea peste un post de emisiune cu antena verticală se observă o pronunțată scădere a semnalului.

Antenele Marconi cari vibrează pe armonici dau o altă distribuție a energiei în planul vertical, fig. 61.

O antenă «L» răsturnat radiază și recepționează energie mai multă înspre și dinspre cot. Fig. 69 reprezintă pozi-

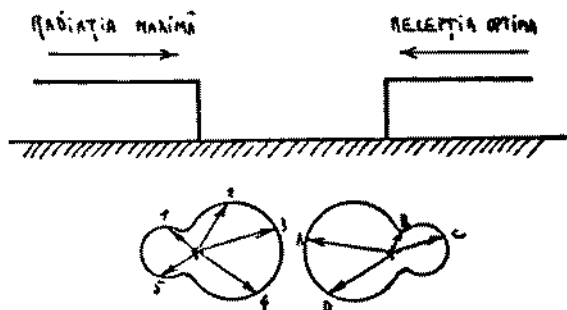


Fig. 69. — Efectul directiv al antenelor în «L» răsturnat,

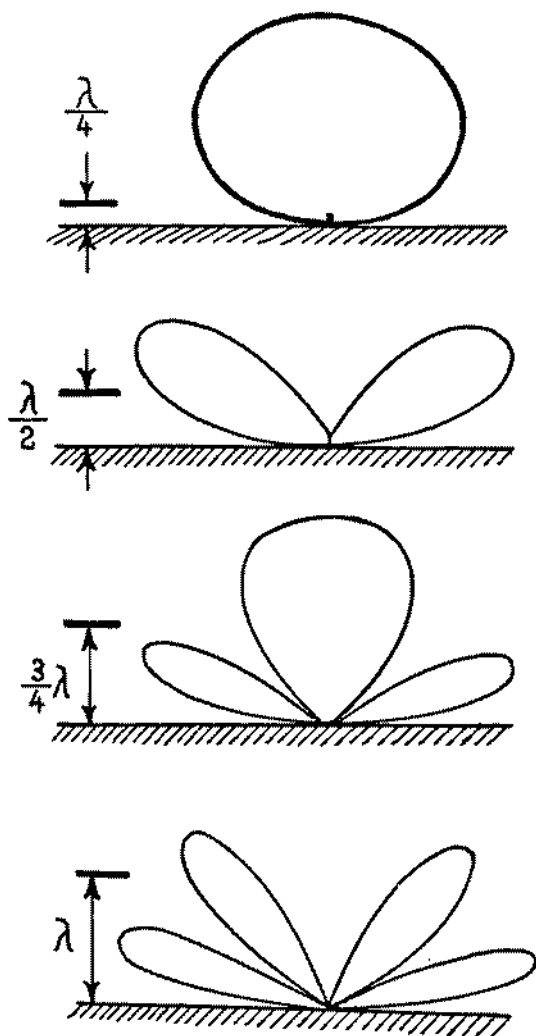


Fig. 70. — Radiația antenelor Hertz așezate la diferite înălțimi de-asupra pământului,

cele mai bune pentru a face o legătură între două antene de acest fel.

Radiația antenelor Hertz așezate la diferite înălțimi deasupra pământului este dată în fig. 70.

Se pot obține efecte directive mult mai pronunțate cu o rețea de antene alimentate în fază și așezate în raport cu lungimea de undă și cu direcția în care trebuie să radieze. Dar nu putem intra aci în studiul complex al rețelelor de antene dirijate.

CADRE

În deosebire de antene, cari sunt influențate de componenta electrică a undelor, constituind oarecum o capacitate larg deschisă, — cadrele sunt influențate de componenta magnetică a undei, constituind mai întâiu de toate o inductanță.

Deoarece componenta electrică a undei este verticală ¹⁾, antenele trebuie să fie verticale, și deoarece componenta magnetică a undelor este orizontală, cadrul trebuie să aibă axul orizontal, ceea ce înseamnă că spiarele trebuie să se afle într'un plan vertical. Cadrul nu are nevoie de o legătură cu pământul ²⁾.

Energia radiată sau culeasă de cadru este proporțională cu suma suprafețelor spiarelor (suprafața primei spire, plus suprafața celei de a doua spire, etc.) și cu pătratul frecvenței.

Un cadru normal (cu o suprafață de cel mult 1 m² având mai multe spire) echivalează cu o antenă de câțiva centimetri înălțime. Așadar cadrul e mult inferior antenei, prin faptul că legătura ce o face cu mediul înconjurător este mai slabă, cu alte cuvinte radiază mult mai

¹⁾ Din cauza conductibilității pământului.

²⁾ În radiogoniometrie însă priza de pământ e necesară.

puțină energie și culege mult mai puțină energie decât o antenă.

Cadrul are totuși o mare superioritate față de antenă, întrucât prezintă un efect directiv mult mai pronunțat, calitate foarte prețioasă pentru radio-goniometrie.

Intr'adevăr, dacă rotim un cadru în jurul unui ax vertical, constatăm că semnalul are intensitatea maximă când planul cadrului trece prin postul de emisiune și intensitatea scade la zero, când cadrul este perpendicular pe direcția postului. Variația intensității cu deplasarea unghiulară este dată în diagrama din fig. 71. De aci se

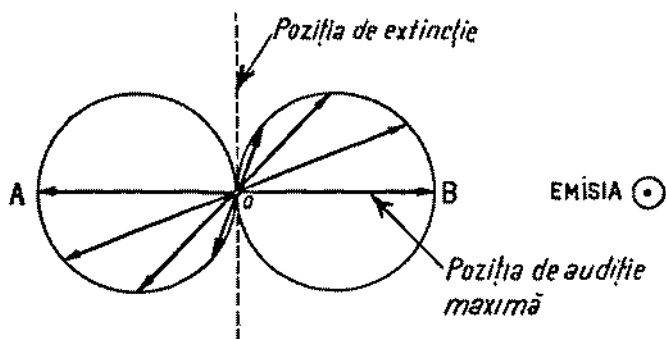


Fig. 71. — Efectul directiv al cadrului.

vede că poziția de audiție maximă de intensitate AB nu poate fi determinată cu prea multă precizie, pe când extincțiunea este foarte bine definită. Ca atare determinarea poziției unui post de emisiune se face întotdeauna prin stingerea semnalului și nu pe poziția de audiție maximă. Preciziunea determinării atinge aproximativ 1° .

Cadrul nu se întrebuințează decât foarte rar la emisie dar se întrebuințează destul de des la recepție, atât în aparatele de goniometrie în care este indispensabil, cât și în aparatele portative de « tip valiză ».

CONSTRUCȚIA ANTENELOR

Antene obișnuite

Antenele pot fi exterioare sau interioare.

Cele interioare dau rezultate mult mai slabe, mai ales în casele mari de beton armat. În acest caz semnalele sunt foarte atenuate de structura metalică a construcției și de diferitele rețele metalice: apa, canalul, electrica, soneria, caloriferul, telefonul, cari produc o puternică absorbție. Pe de altă parte, aparatele electrice din imobil produc numeroși paraziți cari influențează direct o antenă interioară.

În concluzie, antena trebuie să fie neapărat exterioară și în general cât mai ridicată.

Se va întinde între doi stâlpi de lemn fixați de coș sau de alte puncte ridicate și cât mai libere de jur împrejur. Îmmediata apropiere a unei case sau a unui copac înalt slăbește audierea.

Antena se face din liță, de preferință mai groasă.

Capătul liber trebuie bine izolat, prin două-trei ouă de antenă legate între ele cu sârmă sau de preferință sfoară parafinată. Capătul celălalt se leagă de firul de coborîre care este tot de liță dar îmbrăcat într'un strat gros de cauciuc. Firul acesta trebuie îndepărtat de casă și mai ales de strașină, și de orice alte obiecte metalice, cari ar da naștere la scurgeri capacitive.

Firul de coborîre trebuie să pornească dela capătul cel mai de jos al antenei. Dacă locul nu permite aceasta, atunci firul de coborîre va porni dela mijlocul antenei.

Toate legăturile trebuiesc *neapărat sudate*, căci ele se oxidează cu timpul.

Antena nu trebuie să fie prea lungă, nu va trece de 15 metri, decât pentru aparatele cu galenă. Dacă nu se dispune de un loc suficient se vor întinde două fire paralele la cel puțin un metru unul de altul. Dar dublarea firului este un paliativ, întrucât nu compensează decât în parte reducerea lungimii,

Priza de pământ este aproape tot atât de importantă ca și antena. La oraș se ia ca priză de pământ instalația de apă. La țară se îngroapă o placă de aramă sudată

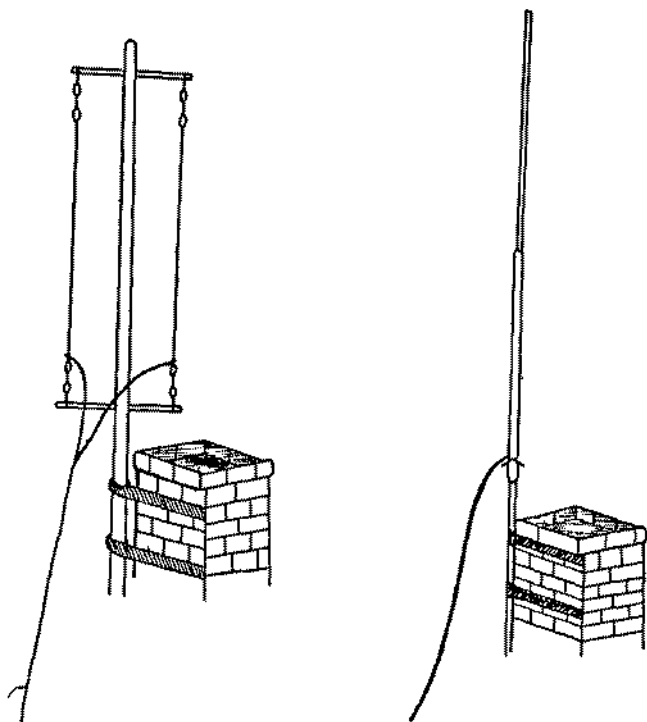


Fig. 72. — Antene verticale.

de un fir care merge la aparat. Placa trebuie îngropată într'un loc mai umed, de exemplu în dreptul burlanului.

Orientarea antenei nu are prea mare importanță, dar în apropierea unei linii de tramvai se va așeza perpendicular pe această linie iar coborîrea se va face la capătul

mai depărtat de linia tramwaiului. Astfel se reduc para-
ziții — dar numai într'o mică măsură.

În ultimul timp se întrebuințează din ce în ce mai
mult antenele verticale, acestea sunt în general mai
ferite de paraziți prin înălțimea lor care le depărtează
de sursele de paraziți, — cât și prin faptul că sunt per-
pendiculare pe sârmele perturbatoare, linii de tramwai,
telefon, etc.

Construcția lor este dată în fig. 72. Avem o prăjină
de lemn cu două sârme verticale, sau o țeavă de aramă
ori de duraluminu. Prin faptul că această țeavă servește
de antenă, ea trebuie izolată.

Antene blindate

Antenele verticale se completează adeseori prin cobo-
riri blindate. Fig. 73 reprezintă una din soluțiile cele mai

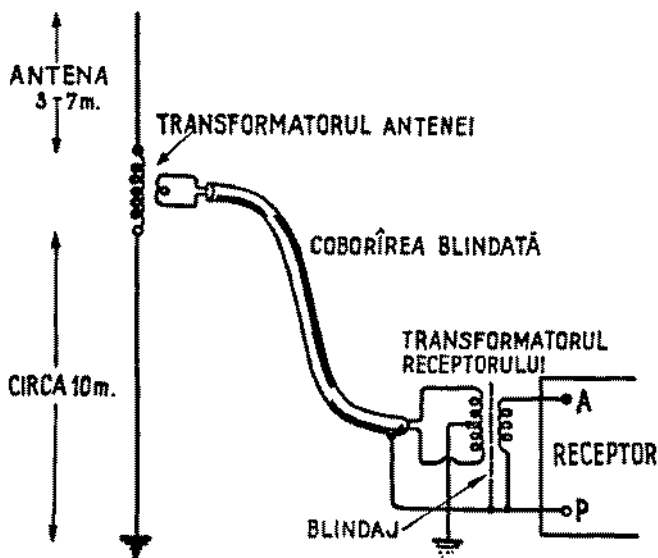


Fig. 73. — Antenă prevăzută cu o coborâre blindată.

desăvârșite. Antena este legată de o priza de pământ, iar blindajul coborîrii de altă priză de pământ. Acest amănunt este foarte important. Sus pe casă se află transformatorul antenei care servește la coborîrea tensiunii spre a reduce astfel pierderile capacitive între linia de transmisie și blindajul înconjurător.

Receptorul este alimentat de un al doilea transformator de ridicare de tensiune. Blindajul coborîrii constituie un ecran electrostatic continuat și în transformator. Componenta magnetică a paraziților este anulată nu atât prin blindaj cât prin cele două fire de transmisie asupra cărora produce efecte egale și de sens contrar cari se anulează.

Coborîrea blindată slăbește semnalele dar reduce într'o mult mai mare măsură paraziții, așa încât se obține o audiție mai bună.

Coborîrile blindate nu-și găsesc locul decât în imobilele mari din oraș și nicidecum în casele izolate unde nu există deobicei surse de paraziți industriali.

Antene comune

În casele mari cu multe apartamente, problema antenei ia un aspect special.

Legarea fiecărui apartament de câte o antenă, — care trebuie să fie neapărat așezată sus pe casă, — e o soluție greoaie, inestetică și incorectă din punct de vedere radioelectric.

Fiindcă o antenă poate alimenta mai multe aparate de recepție, se va prefera o singură antenă, înaltă, bine construită, neumbrită de alte antene din imediata apropiere și cu coborîrea blindată. O astfel de antenă poate alimenta până la vreo 10 receptoare.

Pentru a alimenta un număr mai mare de receptoare este nevoie de un amplificator de antenă, care se instalează sus, la antenă. Acest aparat amplifică toate lungi-

mile de undă de radiodifuziune, — după cum un amplificator de joasă frecvență de exemplu, amplifică toate frecvențele joase. Evident că realizarea acestui amplificator de înaltă frecvență desaccordat nu e o problemă prea ușoară. Se întrebuițează de obicei mai mulți amplificatori montați în paralel pentru diferitele game de frecvență.

Fig. 74 reprezintă schema unei astfel de instalații, realizată de casa Philips.

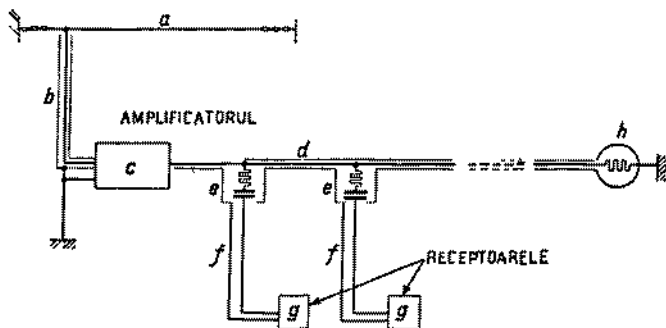


Fig. 74. — Antenă comună.

Construcția cadrelor

Ca și antenele interioare, cadrele interioare nu dau în general rezultate bune, mai ales în casele cu beton armat ¹⁾ și ca atare au fost scoase din uzul curent.

Comparat cu o antenă *interioară* un cadru dă semnale mai slabe, în schimb recepția este mai curată. Într'adevăr cadrul este întrucâtva antiparazit mai ales prin efectul său directiv.

¹⁾ Este interesant de notat că într-o casă de beton armat se observă zone de umbră foarte bine definite. Ajunge câteodată să deplasăm cadrul cu un metru sau chiar cu mai puțin pentru a trece de la o audiție excelentă, la o extincțiune completă sau viceversa.

Cadrelle nu se mai întrebuințează astăzi decât în posturi portative și în posturi radio-goniometrice. Ca atare nu vom insista asupra lor.

Mărimea cadrelor este de obicei limitată de locul disponibil și de considerente mecanice. Suportul trebuie redus la minimum, iar sârmele trebuie bine izolate și distanțate pentru a evita pierderi în înaltă frecvență.

CAPITOLUL X

PROPAGAREA UNDELOR

Legătura ce se face între o antenă de emisie și una de recepție depinde precum am văzut de caracteristicile acestor două antene (înălțimea efectivă și proprietățile directive), de puterea postului de emisiune și de sensibilitatea receptorului.

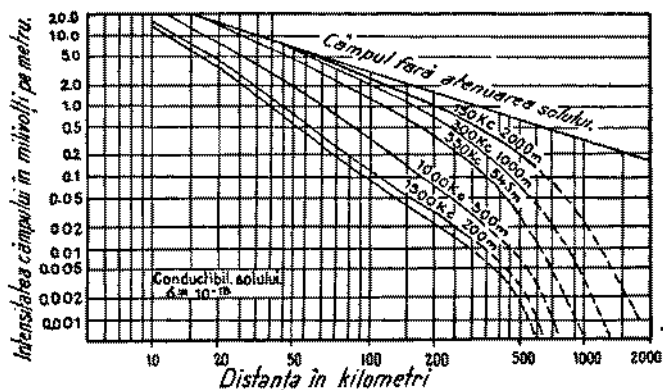


Fig. 75. — Câmpul produs de un post de 1 kilowatt la diferite distanțe cu diferite lungimi de undă. Pentru a găsi câmpul produs de un post de x kilowați se înmulțește citirea din diagramă cu radical de x . Astfel un post de 16 kw de exemplu dă semnale de patru ori mai intense decât indică diagrama.

Dar legătura mai depinde și de distanța dintre posturi, de natura terenului, de anotimp, de ora din zi, de unda întrebuințată și de petele din soare.

De aceste influențe ne vom ocupa aci.

În imediata apropiere a unui post de emisiune, semnalul scade întâiu foarte repede, cam cu pătratul distanței, și pe urmă intensitatea semnalului scade mai încet, aproximativ cu distanța, precum se poate vedea în fig. 75.

Dar de îndată ce distanța se mărește, lucrurile se complică.

În primul rând se constată că undele se propagă în două feluri:

1. de-a-lungul pământului, *unda directă*,
2. prin straturile superioare ale atmosferei, *unda indirectă*.

Dacă propagarea de-a-lungul pământului apare fi-rească, propagarea prin straturile superioare ale atmosferei cere oarecari lămuriri.

Straturile ionizate

La suprafața pământului atmosfera este rea conducătoare de electricitate. Dar mult deasupra pământului există două straturi ionizate, unul la aproximativ 110 km și altul la vreo 300 km. Aceste două straturi sunt destul de bune conducătoare de electricitate pentru a influența mersul undelor.

Fig. 76 arată cele două straturi: stratul E produs de razele ultra-violete ale soarelui, descoperit de Kennelly

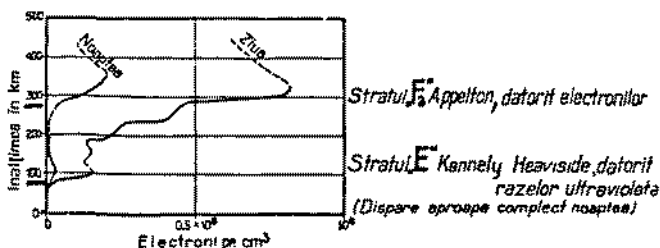


Fig. 76. — Straturile ionizate.

și Heaviside prin 1901 pentru a explica prima legătură transatlantică realizată de Marconi, — și stratul F_2 , descoperit mult mai târziu de Appleton, prin 1931, produs de bombardamentul solar format din electroni și particule α ¹⁾.

Este vorba de același bombardament electronic care produce și auroarele polare.

Sub stratul F_2 se mai observă, câteodată, — dar numai ziua — un alt strat ionizat, mai puțin important, mai puțin stabil denumit F_1 , care se află la vreo 200 km deasupra pământului și se atribuie razelor ultra-violete.

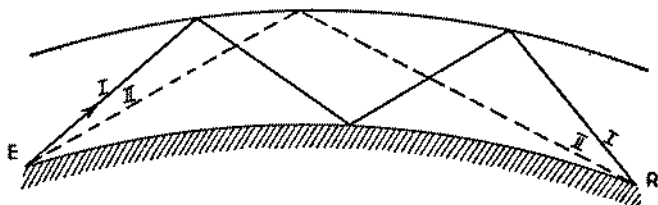


Fig. 77. — Reflexia undelor de stratul ionizat.

Așa dar undele se propagă între două suprafețe concenrice bune conducătoare de electricitate: pe de o parte pământul și pe de altă parte unul din straturile ionizate. Astfel delimitate undele sunt canalizate în jurul sferei pământești. Această canalizare se face prin reflexia undelor de către straturile ionizate, fig. 77. De fapt nu poate fi vorba de o reflexie propriu zisă, pentru simplul motiv că straturile ionizate nu sunt bine delimitate ca de exemplu suprafața pământului. Întoarcerea undelor din straturile ionizate se explică printr'o serie de refracții succesive, fig. 78 pentru că densitatea ionizației variază cu înălțimea. Fenomenul este asemănător

¹⁾ Întrucât acest strat se menține și în timpul nopților polare, ionizarea lui se mai atribuie și altor cauze încă necunoscute.

cu «fata morgana» iluzia optică din desert care dă impresia de apă. Aceasta se datorește unor «reflecții» da-

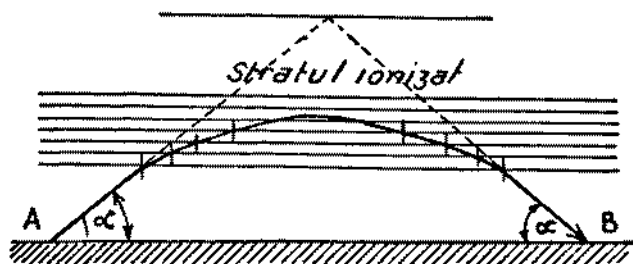


Fig. 78. — Efectul de reflexie obținut prin mai multe refracții succesive.

torită de fapt refracțiilor succesive, aerul fiind mai cald și prin urmare mai puțin dens în imediata apropiere a nisipului încins, fig. 79.

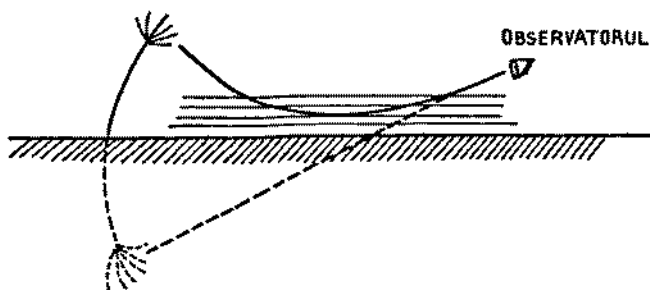


Fig. 79. — Fata morgana.

În cazul acesta ca și în cazul straturilor ionizate, undele se întorc parcă ar fi fost reflectate și ca atare vom întrebuința întotdeauna acest din urmă termen.

Distanța la care coboară unda reflectată depinde de mai mulți factori: lungimea de undă, unghiul de incidență și înălțimea stratului ionizat.

Undele foarte lungi, de peste 10.000 metri sunt perfect de bine reflectate de stratul E și astfel se propagă la distanțe foarte mari, până la antipodi.

Pe măsură ce trecem la unde mai scurte până la cele de câteva sute de metri constatăm că pătrund tot mai adânc în stratul E , și că sunt din ce în ce mai atenuate. Totuși, pot ajunge la distanțe destul de mari, atât prin reflecții succesive între stratul E și pământ, precum și prin propagarea directă deasupra pământului.

Pe la vreo 200 metri și sub 200 metri, undele intră în rezonanță cu frecvența medie a ciocnirilor ce se produc între electroni și moleculele ionizate din stratul E . Frecvența acestor ciocniri este de ordinul $10^6 - 1,5 \times 10^6$. Ca atare undele de această frecvență sunt în bună parte absorbite. Reflecția este redusă și neregulată, propagarea se face mai mult pe unda directă.

Undele de aproximativ 100 metri și sub 100 metri trec prin stratul E întrucât au o frecvență mai ridicată decât frecvența ciocnirilor dată mai sus, suferă oarecare slăbire, și ajung la stratul F_2 . Aceste unde pot fi reflectate de mai multe ori între pământ și stratul F_2 .

Experiența a arătat că în zona undelor decametrice, undele mai scurte, de circa 15—25 metri, se propagă mai bine ziua, iar undele mai lungi, de circa 30—60 m, se propagă mai bine noaptea. Explicație este următoarea:

Stratul E există de fapt numai ziua, căci noaptea ionii se recombina și stratul dispare aproape complet, pentru ca la răsăritul soarelui să înceapă să se formeze din nou. Undele mai scurte, de 15—25 m sunt puțin absorbite de stratul E și ca atare se propagă bine ziua, — în deosebire de unde de 30—60 m care sunt în bună parte absorbite de stratul E .

Noaptea, stratul E dispăre aproape complet, precum am arătat mai sus, așa încât toate undele ajung nestingherite la stratul F_2 .

Dar stratul F_2 se modifică în timpul nopții prin faptul că se rărește și ca atare undele de 15—25 metri pătrund mai adânc în el noaptea decât ziua așa încât se pierd sau suferă o atenuare foarte mare, în deosebire de undele de 30—60 m care sunt la fel de bine reflectate ca și ziua. Ca atare noaptea se obțin rezultate mai bune cu undele mai lungi, cari pătrund mai puțin adânc, sunt complet reflectate și pe de altă parte circulă nestingherite prin stratul E care a dispărut aproape complet.

Undele de vreo 10 metri și sub 10 metri nu mai sunt reflectate nici de stratul E nici de stratul F_2 . Ele străpung ambele straturi ionizate și se pierd în spațiile interplanetare ca lumina unui proiector îndreptat spre cerul senin. Este adevărat că se constată din când în când reflexia undelor de 10 metri și chiar a undelor mai scurte mergând până la vreo 5 metri. Dar aceste reflexii sunt cu totul neregulate și datorite unor ionizări anormale cari modifică condițiile straturilor E și F_2 și produc și alte straturi inferioare nestabile.

Pe lângă influența lungimei de undă pe care am considerat-o până aci, distanța la care se întoarce unda reflectată mai depinde și de unghiul de radiație, care determină unghiul de incidență. Dacă unda este radiată în sus se va întoarce mult mai aproape de postul de emisiune decât în cazul când este radiată aproape orizontal. Iată de ce unghiul de radiație al unei antene are o influență foarte mare asupra bății.

Să cercetăm acum în mod sumar și unda directă, pentru a vedea cum se compară cu unda indirectă și cum o completează.

Undele lungi dela câteva sute de metri în sus, se propagă mai bine pe unda directă iar undele scurte, de sub

100 metri, se propagă în general mai bine pe unda indirectă.

Fig. 80 arată ce se întâmplă cu o emisiune de unde

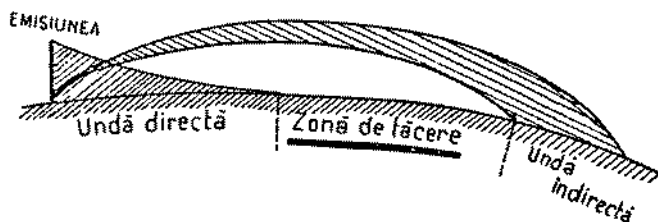


Fig. 80. — Zona de umbră.

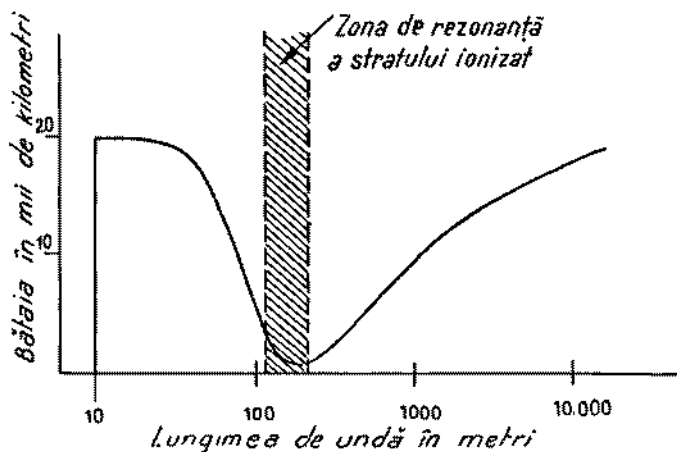


Fig. 81. — Bătăile aproximative ce se pot obține cu unde de diferite lungimi.

scurte: unda directă este atât de atenuată la câteva zeci de kilometri încât dispare, iar unda indirectă apare mult mai departe. Între unda directă și unda indirectă avem o

zonă de tăcere. Diferitele posturi de radio pe unde scurte cari se aud așa de bine la noi, Londra, Roma, Paris, etc. nu se aud în diferite regiuni din țările lor de origină din cauza zonelor de umbră. Fig. 81 reprezintă în mod aproximativ bățiile maxime ce se pot obține cu unde de diferite lungimi. De notat în primul rând scăderea bruscă a bății pe 10 metri prin dispariția undei indirecte, precum s'a văzut mai sus. În al doilea rând se observă foarte bine zona critică pe la vreo 200 metri sau 150 kc frecvență la care se produce absorbția prin rezonanță.

Până aci am arătat în linii generale cum este influențată recepția de distanță, de lungimea de undă și de variația diurnă a straturilor ionizate.

Dar propagarea mai este influențată și de alți factori: anotimpul, petele din soare și în sfârșit diferitele obstacole terestre.

Anotimpul are cam același efect ca și ziua și noaptea prin faptul, că în timpul verii ionizarea se intensifică și iarna scade.

Fig. 82 reprezintă această variație. Să luăm o anumită lungime de undă, de exemplu 70 metri, și să ne deplasăm pe orizontala ei. Constatăm că băția în undă directă atinge aproximativ 150 km, că băția maximă în undă indirectă este de aproximativ 2600 km ziua, 9000 km noaptea de vară și vreo 16.000 noaptea de iarnă. Pe aceeași figură sunt reprezentate și zonele de tăcere, așa de exemplu unda de 30 de metri se propagă în undă directă până la aproximativ 120 km, de aci începe o zonă de tăcere care se întinde până la vreo 650 km ziua și până la 3500 km în timpul nopții de vară și 5000 km în timpul nopții de iarnă. Iar băția maximă pe undă indirectă este de vreo 8000 km ziua, 13.000 km noaptea de vară și 18.000 km noaptea de iarnă. Aceste curbe au fost trasate de A. H. Taylor pentru un post de emisiune de 5.000 wați semnalul minim de recepție fiind socotit 10 microvolți pe metru. Posturile de emisiune

mai slabe vor da bătăi mai mici în undă directă dar aproape aceleași bătăi în undă indirectă, recepția devenind însă mai neregulată pe măsură ce scade puterea postului. Din cele de mai sus rezultă, că pentru a stabili o legătură între două locuri depărtate trebuie aleasă nu

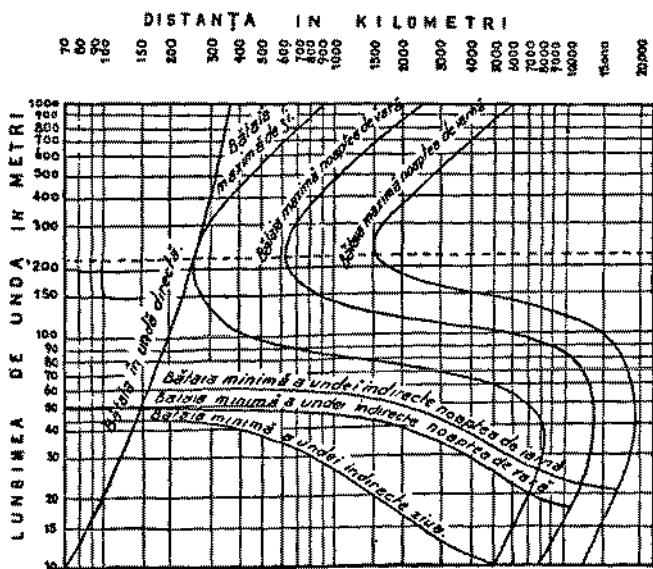


Fig. 82. — Bătăile aproximative în unde indirecte pentru un post de 50 Kw, cu un câmp de cel puțin 10 microvolți la recepție (după A. H. Taylor).

numai o undă de zi și o undă de noapte, dar și o undă de iarnă și o undă de vară. Astfel de exemplu, radio Tokio, care se aude foarte bine la noi, între o ele 9 și 11 seara își schimbă lungimea de undă după anotimp. Acest post situat la aproape 10.000 km are numai 20 kilowați (mai puțin decât un motor de automobil) și se aude așa de bine în Europa, prin faptul că emite cu o rețea de an-

tene dirijate și pe de altă parte lungimea de undă este anume aleasă ca să bată la această distanță. Se poate spune că «tirul» stațiunii este reglat ca să bată în Europa.

Pe lângă variațiile diurne și sezoniere, straturile ionizate mai sunt influențate de ciclul de 11 ani al petelor solare de ciclul de 27 zile precum și firește de câte o pată mai mare.

Efectul petelor solare se observă după 3 zile dela apariția lor, timpul necesar pentru călătoria electronilor dela soare la pământ. Astfel se pot prevedea la timp anumite perturbații în serviciile radio-electrice.

Obstacolele, munții, regiunile împădurite și orașele, slăbesc recepția în mod simțitor, mai ales pe undele scurte. Efectul lor se simte pe unde de câteva sute de metri și devine foarte pronunțat pe undele sub 100 metri, când este vorba de unda directă. Astfel audițiile sunt mai slabe în oraș ca la țară, mai ales pe undele scurte.

Fading-ul

Fading-ul, sau slăbirea periodică a semnalelor este foarte pronunțată pe unda indirectă și de fapt inexistent pe unda directă.

Fading-ul se explică prin schimbări în ionizarea și poziția straturilor *E* și *F*. Schimbări relativ mici pot produce completa stingere a semnalelor, fie printr'o mică deviere a undei reflectate când receptorul se află la marginea fascicolului ce se întoarce la pământ (fig. 80), — fie mai ales prin fenomenul de interferență. Acest din urmă fading se explică astfel: receptorul primește de obicei mai multe unde, care au parcurs drumuri diferite. Dacă diferența de drum e un multiplu fără soț de $\lambda/2$, se produce un fenomen de interferență, căci undele se sting prin suprapunerea unei alternanțe pozitive pe o alternanță negativă de aceeași amplitudine.

Dacă diferența de drum este un multiplu cu soț de $\lambda/2$ semnalele se însumează audiența se întărește. Pe lângă interferența între două unde reflectate, se mai poate produce și interferența între unda directă și unda reflectată, fig. 83.

Zona în care unda directă are cam aceeași intensitate cu unda indirectă este de obicei zona în care se observă

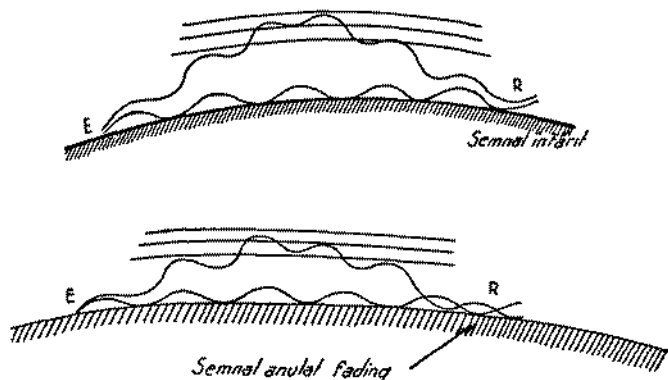


Fig. 83. — Efectul combinat al undei directe și indirecte.

fading-ul cel mai pronunțat. O mică schimbare de drum a undei indirecte produce în această zonă sau o întărire a semnalului sau o stingere mai mult sau mai puțin completă.

Efectul fading-ului se poate reduce prin întrebuințarea antenelor directive atât la emisie cât și la recepție, prin întrebuințarea mai multor antene de recepție distanțate la câteva sute de metri, și în sfârșit soluția cea mai întrebuințată, prin dispozitivele de reglaj automat de volum. Prin aceste dispozitive se potrivește mereu amplificarea receptorului pentru a compensa efectul fading-ului, așa încât amplificarea se mărește când sem-

nalul este mai slab și vice-versa. Interesant este faptul că acest reglaj compensează numai variațiile produse pe drum, cu alte cuvinte se menține toată nuanțarea din studio prin faptul că pasagiile « pianissime » rămân « pianissime » și pasagiile « fortissime » rămân « fortissime ».

Reglajul automat de volum se întrebuințează în toate receptoarele bune, și va fi descris într'un alt capitol.

Efectul Dellinger

Acest efect se manifestă printr'o stingere completă și foarte rapidă (cam în timp de un minut) a tuturor emisiilor pe unde scurte (sub 200 m).

Fenomenul se produce atât de brusc și tăcerea pe toată gama este atât de completă încât produce impresia că s'a defectat recepția. Fenomenul durează dela câteva minute până la o oră sau chiar mai mult, și se produce simultan pe toată suprafața globului care e iluminată de soare.

Revenirea semnalelor se face treptat.

Fenomenul acesta a fost observat pentru prima oară în 1935 de către J. M. Dellinger, care l-a studiat amănunțit.

D-sa a arătat fenomenul că se datorește unei emisiuni subite și foarte intense de raze ultraviolete produse de soare. Razele ultraviolete ionizează straturile inferioare ale atmosferei, — sub 120 km, — și această ionizare împiedică trecerea undelor scurte la straturile de reflexie.

Fenomenul este însoțit câteodată de crupții cari se observă pe suprafața soarelui. Alteori însă nu se observă nimic pe soare și nici pe suprafața pământului, întrucât emisiunea de raze ultraviolete este absorbită de straturile superioare ale atmosferei pe care le ionizează și astfel nu mai pot ajunge la suprafața pământului.

Fenomenul Dellinger se repetă la vreo 55 zile, interval care cuprinde cam 2 cicluri solare de 27 zile. Periodicitatea fenomenului Dellinger este numai aproximativă și intensitatea sa variază foarte mult.

Efectul Luxembourg

Acest efect a fost observat întâiu în 1933 în Eindhoven. Pe emisiunea postului elvețian Beromunster (460 m) se suprapunea postul Luxembourg (1190 m, 200 kw). Această suprapunere nu s'a putut explica nici prin lipsa de selectivitate a receptorului nici prin emisiunea vreunor armonici nici prin alte fenomene cunoscute pe vremea aceea. Suprapuneri similare s'au observat ulterior și cu alte posturi de emisiune în aproape toată Europa.

S'a constatat că postul suprapus este întotdeauna un post puternic pe unde lungi (de obicei peste 1000 m) așezat între postul de recepție și cel de emisie, la 250—300 km de acesta din urmă. Fenomenul se produce numai noaptea. Explicația este următoarea:

Postul se suprapune prin modularea stratului Kennely Heaviside de deasupra sa, și influențează astfel unda care este reflectată în această zonă.

Ecourile de lungă durată

În 1927, s'a observat pentru prima oară un fenomen extrem de rar, ecoul radio-electric de lungă durată. J. Hals a auzit în Norvegia repetarea unui semnal emis de stațiunea PCJJ din Olanda, pe 3125 m, după un interval de 3 secunde. Fenomenul acesta foarte curios a fost verificat prin observații multiple. S'au înregistrat ecouri de durată și mai lungă, mergând până la 30 de secunde.

Se știe că viteza undelor hertziene este de aproximativ 300.000 km pe secundă. Prin urmare undele care înconjoară pământul produc un ecou după $\frac{1}{7}$ de secundă. Aceste ecouri se înregistrează în mod curent și s'au înregistrat chiar și ecouri duble, la $\frac{1}{7}$ și $\frac{2}{7}$ de secundă.

Dar un ecou care apare după mai multe secunde, sau chiar după o jumătate minut, — fără ecouri intermediare, — este probabil de altă natură.

Pentru explicarea acestui fenomen s'au emis fel de fel de ipoteze.

În primul rând s'a presupus că undele au înconjurat pământul de mai multe ori «alunecând» pe stratul Heaviside până ce în cele din urmă au coborât pe pământ. Această alunecare se produce printr'o refracție la unghiul limită.

S'au emis ulterior alte teorii mai complexe, cu cele două straturi ionizate ale atmosferei, «*E*» și «*F*». Undele ar fi oarecum canalizate, între aceste două straturi și înconjoară pământul de mai multe ori până ce găsesc o întrerupere în stratul «*E*» și coboară pe pământ. Această teorie a fost combătută.

B. van der Pol și E. P. Appleton au emis o ipoteză prin care undele ar fi încetinite și reflectate cu întârziere, admitând pentru aceasta o distribuție cu totul specială a ionizației din ionosferă.

Dar ipoteza cea mai plauzibilă pare a fi a lui C. Stormer.

Stormer socotește că o întârziere de 30 de secunde nu se poate produce în nicio parte a atmosferei. Această întârziere corespunde cu de 200 de ori înconjurul pământului. Printr'un drum așa de lung undele ar fi atât de atenuate încât ar deveni imperceptibile.

În vid, slăbirea undelor s'ar datori numai risipirii lor și dacă ar putea fi cumva concentrate, intensitatea semnalului n'ar scădea prea mult.

Stormer crede că electronii emiși de soare formează un inel în jurul pământului și că acest inel poate reflecta undele hertziene, producând astfel ecoul de lungă durată. Stormer, — care s'a ocupat de aurorele polare produse tot de electronii emiși de soare, — găsește că dimensiunile teoretice ale inelului de electroni corespund cu datele observate, că acest inel trece dincolo de lună, că e foarte variabil ca dimensiuni și consistență, depinzând ca și aurorele polare de petele din soare.

Așa dar ecoul de câteva secunde ar fi produs de unde care au călătorit în spațiile interplanetare,

PARTEA A III-a

LĂMPILE DE RADIO

CAPITOLUL XI

DIODA

Detecția și redresarea

O rezistență ohmică obișnuită se exprimă printr'un număr, care arată câți ohmi are ¹⁾). Cunoșcând acest număr deducem toate relațiunile posibile între voltaj și curent prin simpla formulă:

$$R = \frac{E}{I}$$

care arată că rezistența nu e decât raportul constant între voltajul aplicat și curentul rezultat.

Această relație poate fi ilustrată printr'o dreaptă fig. 84. Precum se poate vedea, înclinația drepteii, indică valoarea rezistenței. Dreptele au fost prelungite în jos, dincolo de zero, regiune care reprezintă inversarea voltajului aplicat și implicit inversarea curentului rezultat.

Pe lângă rezistențele ohmice obișnuite cari dau întotdeauna același raport între voltaj și curent, mai sunt și alte rezistențe în care raportul variază. Aceste rezistențe nu satisfac legea lui Ohm, și ca atare ele nu pot fi exprimate printr'un număr.

¹⁾ La această caracteristică se adaugă de obicei și curentul maxim de funcționare fie în amperi, fie indirect în wați (I^2R).

Reprezentarea lor se face printr'o curbă care arată valoarea curentului pentru diferite voltaje, fig. 85. Aceste rezistențe cari variază cu voltajul ce li se aplică, se numesc detectori sau redresori. Ele sunt formate de obicei din:

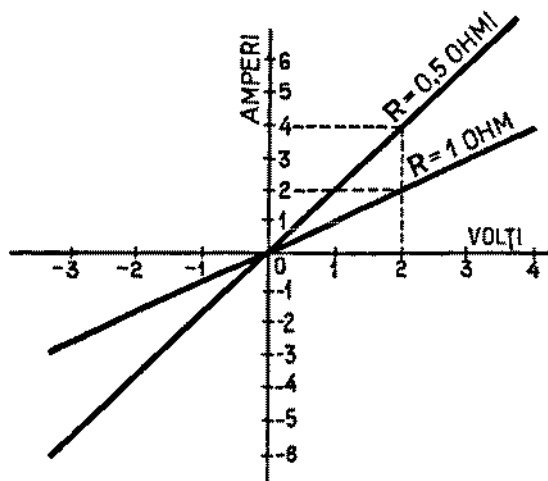


Fig. 84. — Caracteristicile rezistențelor.

1. Anumite contacte, — de exemplu un vârf metalic pe un cristal de galenă (obișnuita galenă), — cupru și oxid de cupru (redresorii cu oxid de cupru), etc.;

2. emisiunea electronică — de care ne vom ocupa îndată.

Rezistențele întrebuintate mai sus se întrebuintează pentru a suprima, — sau mai exact pentru a reduce, — una din alternanțele curentului alternativ. Când operația se face asupra curenților de înaltă frecvență numim acest proces *deteecție*, iar când se face asupra curenților de joasă frecvență, *redresare*. Fig. 86 arată ce curent

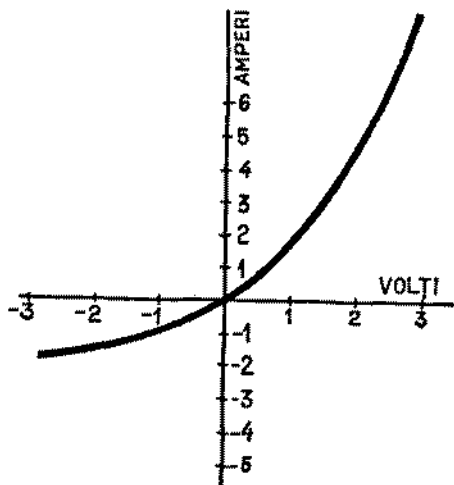


Fig. 85. — Caracteristica unui redresor.

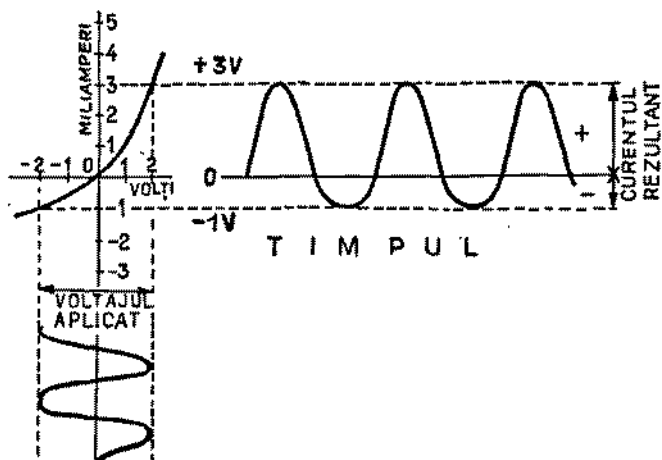


Fig. 86. — Redresarea.

rezultă prin aplicarea unei forțe electromotrice sinusoidale pe un redresor. Redresorul se comportă ca o supapă. De fapt redresorul este o supapă imperfectă, căci nu suprimă complet una din alternanțe, ci doar o reduce.

Aci ne vom ocupa de redresarea obținută în lămpile electronice.

Emisiunea electronică

Corpurile bune conducătoare de electricitate au electroni liberi cari se deplasează nestingheriți în interiorul lor. Dar acești electroni nu pot ieși decât foarte anevoie din corpurile în care se află. Într'adevăr, electronii ajunși la suprafața corpului sunt atrași înapoi și nu pot trece bariera pe care o constituie această suprafață, decât dacă au o viteză foarte mare.

Pentru a extrage un electron, trebuie o anumită energie. Putem asemui electronii cu bilele cari se află în fundul unei farfurii unde se deplasează în voie. Pentru a părăsi farfuria bilele trebuie să dispună de o anumită energie spre a se ridica de-asupra marginii. Dar odată ce au trecut această barieră cad pe masă și își reiau toată libertatea de mișcare.

Pe măsură ce se ridică temperatura unui corp, electronii îl părăsesc cu mai multă ușurință. Precum evaporarea unui lichid crește cu temperatura, tot astfel și «evaporarea» electronică crește cu temperatura. Când un metal e adus la incandescență apare în jurul său un «nor» de electroni, — bineînțeles invizibil. Electronii aceștia cari se află în imediata apropiere a suprafeței (fracții de milimetru) formează o încărcătură spațială negativă care împiedică evaporarea altor electroni prin faptul că fiind tot negativi îi resping. Dacă însă «norul» de electroni este scurs, de exemplu printr'o placă pozitivă care îi atrage atunci se mai pot evapora și alți electroni cari le iau locul, sunt scurși și ei la rândul lor, ș.a.m.d.

așa încât se stabilește un curent continuu de electroni. Avem adică un curent electric dela corpul incandescent la placa pozitivă rece, prin intervalul izolator care separă aceste două elemente.

Curentul este format, repet, de electronii atrași de placă. Viteza lor este foarte mare, de 10—20 km pe secundă, variind cu tensiunea aplicată. Fig. 87 arată acest

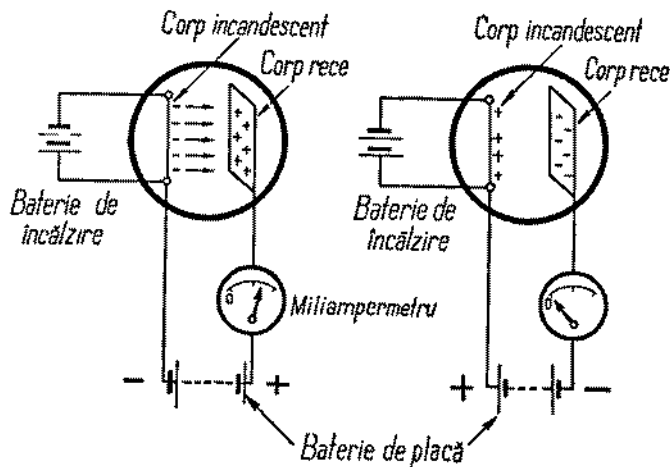


Fig. 87. — Lampa cu doi electrozi.

dispozitiv cunoscut sub numele de « lampa cu doi electrozi » sau « dioda ».

Tot în fig. 87 se vede că dacă placa este negativă, respinge electronii.

De notat că placa e menținută pozitivă prin bateria anodică, și că emițătorul de electroni este adus la incandescență printr-o altă baterie, bateria de încălzire. S'a recurs la încălzirea electrică numai fiindcă este cea mai convenabilă, dar încălzirea s'ar fi putut face pe orice cale: prin curenți Foucault, reacții chimice, etc.

Să revenim acum la emisiunea electronică.

Producerea emisiunii electronice se poate face în mai multe feluri:

- a) prin încălzire, — singura cale întrebuințată în radio;
- b) pe cale fotoelectrică;
- c) reacții chimice;
- d) bombardament electronic;
- e) prin aplicarea unor tensiuni ridicate la distanțe mici.

a) Emisiunea electronică prin încălzire este cea mai importantă. Depinde de temperatură și de natura corpului. Fiindcă emisiunea electronică crește foarte repede cu temperatura, s'au căutat mai întâiu metalele cu punctul de fuziune cel mai ridicat. Dela platina, care are punctul de fuziune la 1755°C s'a trecut de multă vreme la tungsten, 3270°C și după aceea s'a întrebuințat tungsten toriat și în sfârșit suprafețe de oxizi de bariu și de stronțiu, precum vom vedea la construcția lămpilor.

b) Lumina obișnuită și razele ultraviolete au proprietatea de a pune în libertate electronii metalelor. Dispozitivele construite pe acest principiu se numesc celule fotoelectrice.

c) Anumite reacții chimice eliberează electronii, de exemplu sinteza clorurei de sodiu, prin introducerea sodiului lichid într'o atmosferă de gaz rarefiat.

d) Bombardamentul electronic produce o emisiune electronică secundară, de care ne vom ocupa ulterior.

e) Aplicarea unor tensiuni ridicate la distanțe mici poate determina o emisiune electronică la rece.

Aceasta se produce în redresori electrolitici.

Emisiunea electronică se poate face

1. în vid, sau
2. în gaz.

În toate lămpile de radio emisiunea electronică se face în vid.

Emisiunea electronică în gaz produce ionizarea gazului. Astfel curentul electric rezultă nu numai din de-

plasarea electronilor, ci și din deplasarea ionilor. Se obține așa dar un curent mai mare. Prezența gazelor produce însă neajunsuri, funcționarea prezintă mici iregularități și pe de altă parte bombardarea catodei de către ionii pozitivi strică deobicei suprafața emițătoare.

Precum am spus, emisiunea electronică în gaz nu este întrebuințată în lămpile de radio, dar este întrebuințată în lămpile redresoare.

Dioda, redresarea, și dublarea tensiunii

Dioda, sau lampa cu doi electrozi a fost inventată de Edison în 1883. Edison a observat fenomenul de conductabilitate unilaterală între filamentul lămpii sale cu incandescență și o placă rece pe care o introdusese în interiorul lămpii, fig. 87.

În anul 1905, Fleming a întrebuințat această lampă pentru detectarea semnalelor radioelectrice.

Fig. 88 arată caracteristica lămpii cu doi electrozi. Voltajul filamentului rămâne constant și implicit tem-

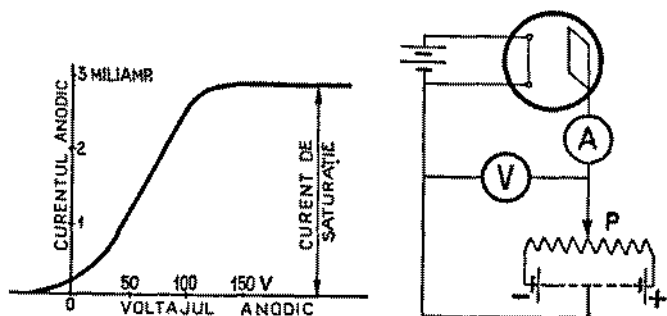


Fig. 88. — Caracteristica lămpii cu doi electrozi.

peratura acestuia. Se variază numai voltajul aplicat pe placă, cu ajutorul potențiometrului *P* din fig. 88 care arată montajul necesar pentru ridicarea curbei.

Curentul crește la început încet din cauza sarcinei spațiale, care este prea puțin influențată de voltajul redus al plăcii. Pe urmă curentul crește mai repede și în cele din urmă rămâne staționar. Oricât mărim potențialul aplicat pe placă (sau mai exact diferența de potențial între anodă și catodă) curentul nu trece de o anumită limită, care constituie curentul de saturație.

Aceasta se explică prin numărul limitat de electroni pe cari îi emite o anumită catodă la o anumită temperatură.

Dacă însă mărim treptat temperatura filamentului și trasăm curbe noi, vom obține fig. 89 din care se

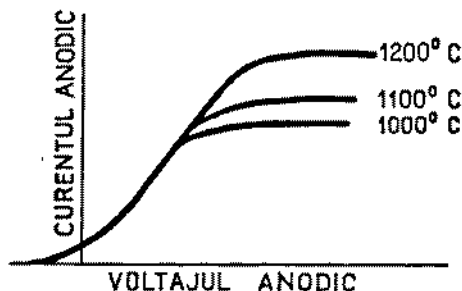


Fig. 89. — Caracteristica lămpii cu doi electrozi la diferite temperaturi ale catodei.

vede că aceste curbe noi se suprapun și se contopesc în partea inferioară pentru a se despărți sus, unde se constată curenți de saturație cu atât mai mari cu cât temperatura filamentului e mai ridicată.

Dar să studiem mai de aproape curba caracteristică, fig. 90.

Constatăm în primul rând că rezistența variază încontinuu cu voltajul aplicat. Astfel în punctul *A* avem o rezistență

$$R_A = \frac{50}{0,00105} = 47.600 \text{ ohmi}$$

iar în punctul *B*

$$R_B = \frac{60}{0,00145} = 41.300$$

iar dacă lampa funcționează între *A* și *B* se comportă ca o rezistență

$$R_{AB} = \frac{60-50}{0,00145-0,00105} = \frac{10}{0,0004} = 25.000 \text{ ohmi.}$$

Aceste trei rezistențe sunt ilustrate prin înclinația celor trei drepte: R_A , R_B , și R_{AB} , fig. 90.

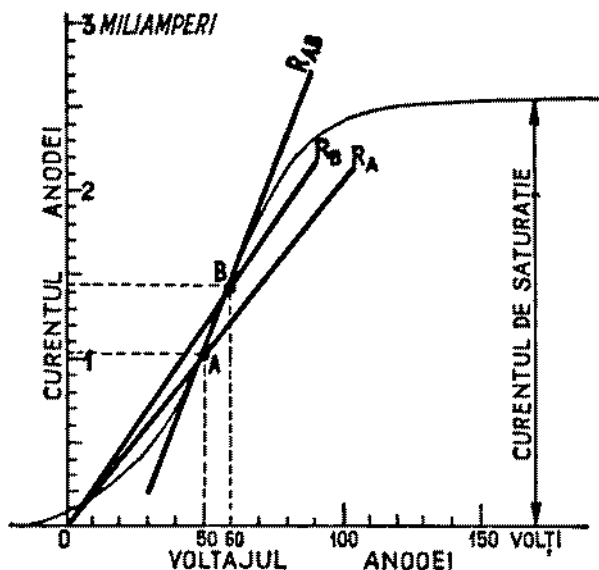


Fig. 90. — Rezistența diodei în punctul «A», în punctul «B» și în timpul funcționării între A și B.

Rezistența care interesează cel mai mult este R_{AB} întrucât corespunde cu cazul practic când lampa funcționează, și anume între limitele *A* și *B*.

Rezistența măsurată într'un singur punct *A*, *B*, etc. nu corespunde întrebuirii, căci lampa nu prezintă interes practic ca o simplă rezistență de scădere de voltaj, care să lucreze la un voltaj sau la un curent fix.

Întrebuiri

Precum am văzut, dioda a fost întrebuită de Fleming în 1905 pentru a detecta semnalele radioelectrice. Părăsită după câțiva ani, ea a fost reluată în ultimul timp pentru aceeași întrebuitare, precum vom vedea mai departe în capitolul XVI consacrat detecției.

Dar lampa cu doi electrozi este întrebuită pe o scară foarte întinsă ca redresoare, fie pentru alimentarea directă a aparatelor de recepție dela rețeaua de curent alternativ, fie pentru încărcarea acumulatorilor.

Pentru alimentarea directă a aparatelor de radio se întrebuitază diode în vid, cu o catodă și două anode (un filament și două plăci) spre a redresa ambele alternanțe ale curentului.

Curenții de intensitate mare, întrebuitați la încărcarea acumulatorilor, etc. se redresează în diode cu gaz. Precum am văzut mai sus, conductibilitatea diodei crește multumită ionizării, și se obțin curenți mari cu o mică pierdere de tensiune.

În această categorie de lămpi intră:

a) dioda cu vaporii de mercur și

b) redresorul «Tungar».

a) Vaporii cu mercur au proprietatea de a se ioniza la tensiuni foarte mici, sub 20 V, așa încât bombardamentul ionilor rezultanți nu este destul de puternic pentru a distruge suprafața emițătoare de oxizi metalici, — care e precum am văzut o suprafață cu mare emisiune electronică și are o structură foarte delicată.

b) În redresorul «Tungar», care este de o construcție mai veche, se întrebuitază o suprafață emițătoare mult

mai săracă în electroni, dar în schimb mai rezistentă, tungsten pur. Gazul este «argon», de unde și numele de «Tungar», care vine dela «tungsten» și «argon».

Se mai întrebuințează și diode cu catode reci acestea se bazează pe conductibilitatea unilaterală ce se observă între un vârf și o placă așezată într'un balon cu gaz inert. Vârful are rol de anodă iar placa e catoda.

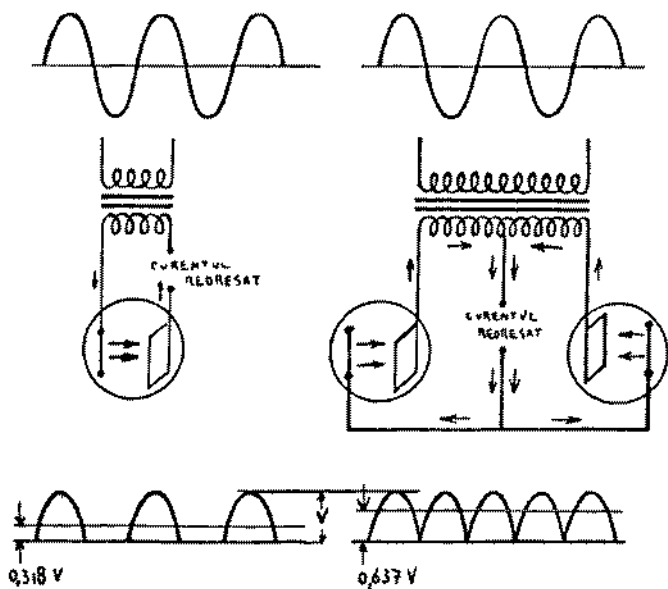


Fig. 91. — Redresarea unei alternanțe și ambelor alternanțe.

În sfârșit, trebuie să adăugăm că se mai întrebuințează pentru curenți foarte mari, diode a căror catodă este formată dintr'un arc de mercur.

În general, redresarea se face pe ambele alternanțe, Fig. 91 arată redresarea unei alternanțe și a ambelor alter-

nanțe. Cele două elemente de redresare întrebuințate în acest caz se montează într'un singur balon formând așa dar o lampă. În figură au fost arătate separat pentru mai multă claritate.

În sfârșit, odată cu redresarea se poate obține și o dublare de tensiune, printr'un simplu artificiu de montaj, fig. 92.

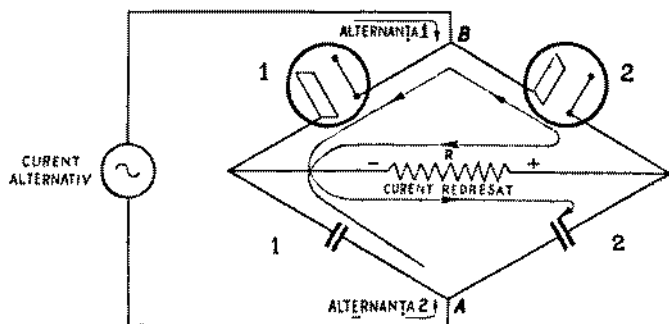


Fig. 92. — Montajul pentru dublarea tensiunii.

În alternanța Nr. 1 curentul trece prin lampa 1, prin sarcina R și își închide circuitul prin condensatorul 2, la A . Dar condensatorul 2 e încărcat din alternanța precedentă (cum se încarcă acum condensatorul Nr. 1) așa încât se descarcă în serie cu sursa de alimentare, dublând astfel voltajul.

În alternanța următoare Nr. 2, curentul încarcă condensatorul 2, trece prin condensatorul 1 (care se descarcă), și prin dioda 2 la punctul B .

Acest montaj se întrebuințează în aparatele de rețea cari merg pe alternativ. Astfel se mărește tensiunea fără transformator, care e o piesă mare, scumpă, și grea.

CAPITOLUL XII

TRIODA

În 1906 americanul Lee de Forest a introdus o sită între anoda și catoda diodei, făcând una din cele mai mari invenții din vremurile moderne, fig. 93. Într'adevăr, lampa de radio are aceeași importanță ca dinamul, motorul cu explozie, telefonul, etc.

Sita adăugată de Lee de Forest este elementul de comandă, este robinetul care închide sau deschide calea electronilor cari merg dela filament la placă.

Când sita este negativă, electronii sunt respinși, calea lor este închisă, iar când sita este pozitivă, electronii sunt atrași și accelerați spre placă, trecând prin ochiurile sitei. Dar sita nu este un întrerupător care taie curentul complet, ci un regulator care îi variază intensitatea treptat, dela zero la o anumită valoare maximă. Am considerat întâi cazurile extreme numai pentru a învedera mecanismul funcționării.

Prin poziția ei privilegiată, în apropierea filamentului, sita are o mai mare înrâurire asupra curentului de placă, decât placa. Cu alte cuvinte, o mică variație de potențial aplicată pe sită produce o mare variație de curent.

Sita se menține aproape întotdeauna negativă, mai negativă de $-1,3$ V.

Lampa cu trei electrozi este în

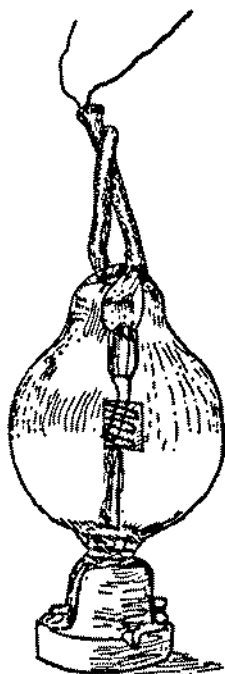


Fig. 93. — Prima lampă cu 3 electrozi.

fond un amplificator, Lee de Forest i-a zis «microscopul electric». Dar bine înțeles că amplificarea optică este diferită de amplificarea lămpii cu trei electrozi care este un amplificator de energie și acționează prin eliberarea energiei unei surse locale, care este bateria de placă.

Lampa mai poate fi privită ca un releu, întrucât primește un curent slab prin care stabilește circuitul local al unui curent de intensitate mai mare.

Cum însă stabilirea circuitului se face fără deplasarea vreunei piese mecanice, lampa poate acționa oricât de repede, având astfel o superioritate enormă față de releele obișnuite.

În al doilea rând, curentul local este proporțional cu intensitatea curentului ce se amplifică, ceea ce constituie un al doilea punct de superioritate, la fel de important ca și primul.

Iar în al treilea rând, putem spune că, lampa, — în deosebire de releele obișnuite, — n'are o limită inferioară de sensibilitate și poate amplifica și curenții cei mai slabi.

După cum vom vedea mai departe există totuși o limită determinată de emisiunea neregulată a electro- nilor.

Mulțumită acestor trei puncte de superioritate, lampa este un aparat electric cu nesfârșite posibilități.

Caracteristica lămpii cu trei electrozi

Putem trasa caracteristica lămpii cu trei electrozi întocmai ca la diodă, cu singura deosebire că trebuie să precizăm și tensiunea de sită, întrucât pentru diferite tensiuni de sită se obțin diferite curbe, precum se poate vedea în fig. 94.

Dar în cazul triodei ne interesează mai mult o altă familie de curbe, cari arată relația între potențialul *sitei* și curentul anodic.

Pentru a determina aceste curbe se realizează montajul din fig. 95. Filamentul este încălzit la o tempe-

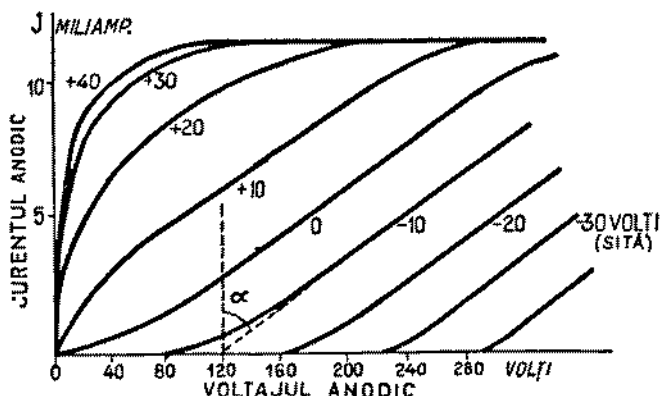


Fig. 94. — Caracteristica anodică a triodei.

ratură fixă, placa este alimentată la o tensiune constantă

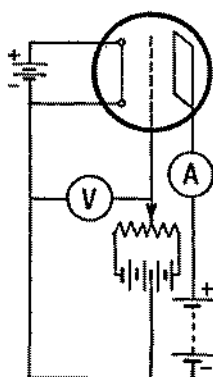


Fig. 95. — Montajul pentru trasarea caracteristicii triodei.

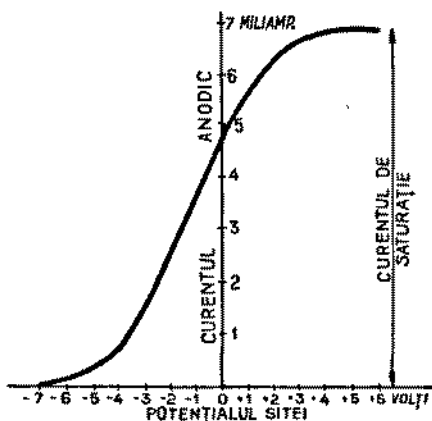
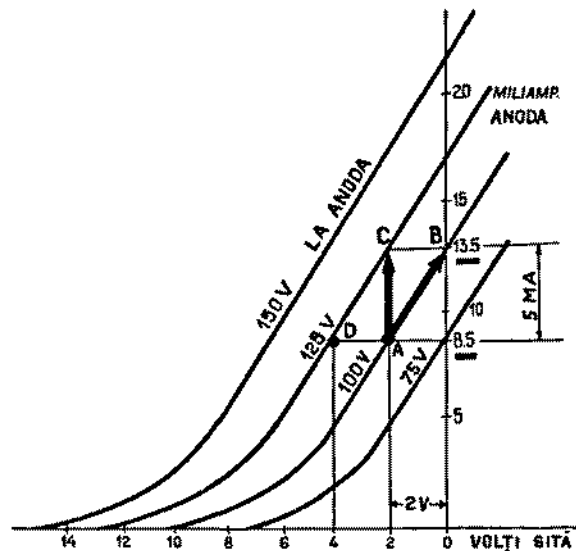


Fig. 96. — Caracteristica sită-anodă a triodei.



$$\text{FACTOR DE AMPLIFICARE} = \frac{25}{2} = 12,5$$

$$\text{PANTA} = \frac{5 \text{ MILIAMPERI}}{2 \text{ VOLTI}} = 2,5 \text{ MILIAMP/VOLT}$$

$$\text{REZ. INT} = \frac{\text{FACTORUL DE AMPLIF.}}{\text{PANTA}} = \frac{12,5}{2,5} = 5 \text{ MII OHMI}$$

Fig. 97. — Determinarea caracteristicilor din curbele triodei.

și se variază numai potențialul sitei. Fig. 96 reprezintă rezultatul citirilor, exprimând precum spuneam variația curentului de placă față de variația potențialului de sită. Precum se vede, caracteristica cuprinde o porțiune aproximativ dreaptă, mai mult sau mai puțin înclinată și sfârșește printr'o porțiune orizontală, care exprimă curentul de saturație.

Fig. 97 reproduce curba din figura precedentă și în plus alte curbe luate cu diferite tensiuni anodice.

Se vede că ridicarea tensiunii anodice deplasează curba caracteristică spre stânga ceea ce este firesc deoarece prin ridicarea tensiunii anodice crește și curentul, deci obținem un punct peste cel inițial, sita rămânând la același potențial.

Factorul de amplificare (k).

Dacă vrem să mărim curentul la anodic de exemplu cu 5 MA., putem obține această ridicare de nivel, — să zicem dela 8,5 la 13,5 MA. — în două feluri:

Sau pornim dela punctul *A* și alunecăm pe curba caracteristică la *B* prin ridicarea potențialului de sită cu 2 V., (dela —2 Volți la 0), sau ne ridicăm dela *A* la *C* trecând dela curba de 100 Volți la curba de 125 de Volți, — mărim tensiunea anodică cu 25 de volți.

Așa dar, adăugând 25 de Volți la placă obținem același efect pe care l-am obținut când am adăugat 2 volți la sită. Suntem deci îndreptățiți să spunem că această lampă are un factor de amplificare de

$$\frac{25}{2} = 12,5.$$

Mai putem privi lucrurile și astfel: curentul anodic rămâne neschimbat dacă variem în același timp și în sens opus, tensiunea de sită cu 2 volți și tensiunea de placă cu 25 Volți, trecând așa dar dela *A* la *D*, fig. 97. Astfel se dovedește că cele două variații de potențial deși neegale se contrabalansează, sunt echivalente.

Este de observat că vom găsi același factor de amplificare și la alte tensiuni anodice, atâta timp cât ne menținem în regiunile drepte ale caracteristicilor, întrucât ele sunt aproximativ paralele, iar distanța dintre ele este proporțională cu tensiunea anodică.

Panta

Creșterea curentului anodic exprimat în miliamperi pentru fiecare volt aplicat pe sită se numește pantă.

În cazul nostru panta este de

$$\frac{5 \text{ miliamperi}}{2 \text{ volți}} = 2,5 \text{ miliamperi pe volt}$$

Rezistența interioară (R).

Aceasta exprimă de fapt legea lui Ohm.

$$R = \frac{E}{I}$$

întrucât înclinația caracteristicii e în legătură cu rezistența interioară a lămpii (vezi fig. 89 și 90).

Avem

$$R = \frac{E_1 - E_2}{I - I_2}$$

$E_1 - E_2$ a fost înlocuit mai sus prin factorul de amplificare fiindcă variația este luată pentru un volt pe sită (vezi definiția pantei dela începutul acestui capitol), iar variația de voltaj corespunzătoare pe placă este egală cu k volți, k fiind factorul de amplificare.

Așa dar rezistența interioară a lămpii este egală cu

$$R = \frac{\text{factorul de amplificare}}{\text{pantă}}$$

și în cazul nostru are valoarea de 5000 ohmi.

Rezistența interioară poate fi citită direct din înclinația caracteristicii dacă ne întoarcem la caracteristica din fig. 94 care dă variația curentului anodic în funcție de voltaj *anodic*, întocmai ca la diodă, fig. 90.

De notat că rezistența interioară a lămpii cu trei electrozi este rezistența în curent alternativ, și nu rezistența staționară într'un punct fix (adică cazul dreptei R_{AB} din fig. 90 și nu cazul dreptelor R_A sau R_B).

Funcționarea lămpii în sarcină, caracteristica dinamică

Variația curentului anodic poate fi întrebuințată în două feluri:

1. Ca să producă o diferență de potențial (trecând printr'o rezistență), care se aplică pe sita lămpii următoare.

2. Ca să pună în mișcare membrana căștii, a difuzorului, etc.

Și într'un caz și într'altul curentul anodic trebuie să treacă neapărat printr'o rezistență, adică printr'o sarcină, căci altfel n'ar putea fi întrebuințat.

Dar adăugarea sarcinei în circuitul anodic fig. 98, schimbă funcționarea lămpii: reduce panta și reduce factorul de amplificare.

Explicația este simplă. Deși tensiunea de alimentare este constantă, tensiunea la placa lămpii nu mai este constantă.

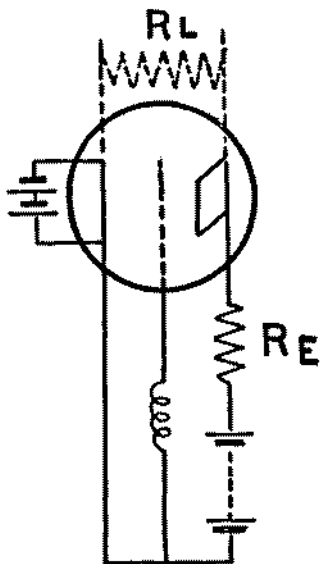


Fig. 98. — Trioda cu sarcină (rezistență exterioră $R'E$).

Ea variază fiindcă variază și intensitatea curentului ce trece prin lampă. Rezistența lămpii rămâne constantă în curent alternativ (înclinația porțiunii drepte din fig. 90), dar rezistența momentană a lămpii variază în timpul funcționării (înclinația dreptelor R_A și R_B din fig. 90) și astfel variază implicit și intensitatea curentului ce trece prin lampă. Dar în aceeași măsură variază și pierderea de tensiune în R_E . Această pierdere de tensiune este dată de legea lui Ohm, și este egală precum am văzut cu IR_E .

Deci tensiunea care rămâne la anodă este egală cu tensiunea bateriei de placă *minus* IR_E .

Această tensiune anodică variabilă, care scade când crește curentul are ca efect reducerea pantei.

Prin urmare când avem un curent mare în lampă și implicit și în rezistența exterioară R_E , tensiunea care rămâne la anodă este foarte mică. Avem adică un efect antagonist care reduce amplificarea. De altfel această concluzie poate fi trasă și de definiția pantei:

$$\text{panta} = \frac{\text{factorul de amplificare}}{\text{rezistența interioară a lămpii}}$$

și dacă la rezistența lămpii R_L se adaugă rezistența exterioară R_E , evident că panta va deveni mai mică.

$$\text{panta} = \frac{\text{factorul de amplificare}}{R_L + R_E}$$

Pentru a fixa ideile printr'un exemplu numeric, panta scade la jumătate când rezistența exterioară este egală cu rezistența interioară, și pe măsură ce rezistența interioară crește, panta scade.

Rezultatul exact se poate deduce dintr'o construcție grafică foarte simplă. Fig. 99 reprezintă curbele caracteristice ale lămpii, întretăiate în primul caz de o dreaptă AB care fiind verticală reprezintă rezistența zero. Luând punctele de pe această dreaptă și trecându-le în diagrama

din dreapta obținem obișnuita curbă caracteristică a lămpii, cu rezistența exterioară zero. Aceasta este *caracteristica statică*.

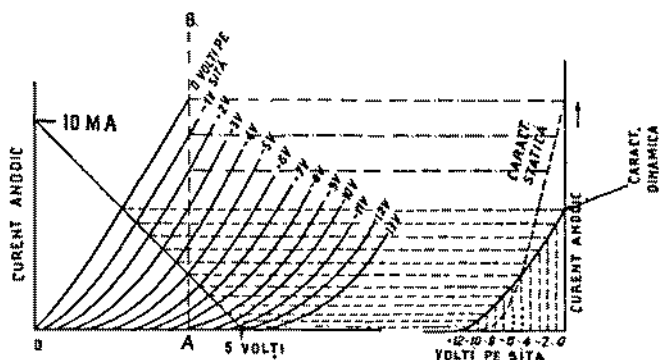


Fig. 99. — Caracteristica dinamică a triodei.

Considerând acum dreapta CD , care reprezintă o rezistență de 5000 ohmi ($\frac{5 \text{ V}}{0,01 \text{ A}} = 5000 \text{ ohmi}$) să luăm punctele de întretăiere cu caracteristicile lămpii și să le trecem în diagrama din dreapta. Această procedură este justificată prin faptul că diferitele puncte reprezintă relații între curent și voltaj care satisfac simultan atât dreapta care reprezintă 10.000 ohmi cât și caracteristicile lămpii. Obținem astfel o a doua curbă caracteristică mult mai puțin înclinată, caracteristica de funcționare cu rezistența de 10.000 ohmi, *caracteristica dinamică*.

Când sarcina nu este pur ohmică și constă dintr-o impedanță, atunci lampa nu mai funcționează pe o dreaptă care întretaie caracteristicile ci pe o elipsă fig. 100.

Amplificarea disponibilă, este întotdeauna mai mică decât factorul de amplificare al lămpii.

Și aceasta se poate arăta foarte ușor. Să considerăm întâi lampa și circuitul echivalent, fig. 101. Rezistența interioară a lămpii este înlocuită printr'o rezistență ohmică R_L iar voltajul V_S ce se aplică pe sită, devine în

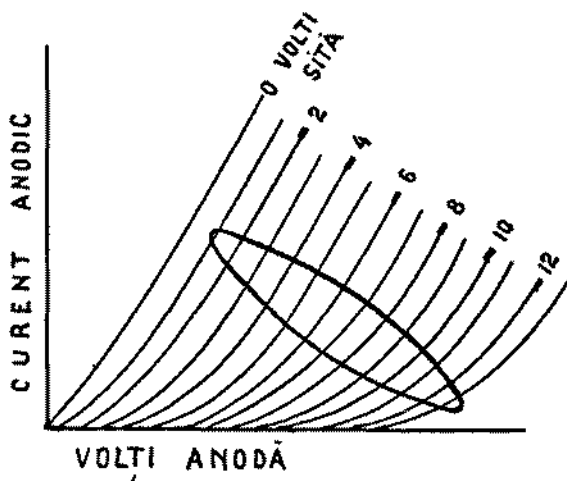


Fig. 100. — Funcționarea lămpii pe o sarcină reactivă.

cazul circuitului echivalent kV_S , « k » fiind factorul de amplificare al lămpii. Aplicând legea lui Ohm găsim intensitatea curentului a cărei valoare este exprimată în fig. 101.

De notat că această reprezentare se referă numai la tensiuni și curenți variabili, și nici decum la valorile mijlocii de funcționare.

Să adăugăm acum sarcina, rezistența R_E și să reprezentăm circuitul echivalent, fig. 102. Procedând ca înainte găsim întâi intensitatea curentului și aplicând din nou legea lui Ohm, găsim diferența de potențial E la bornele

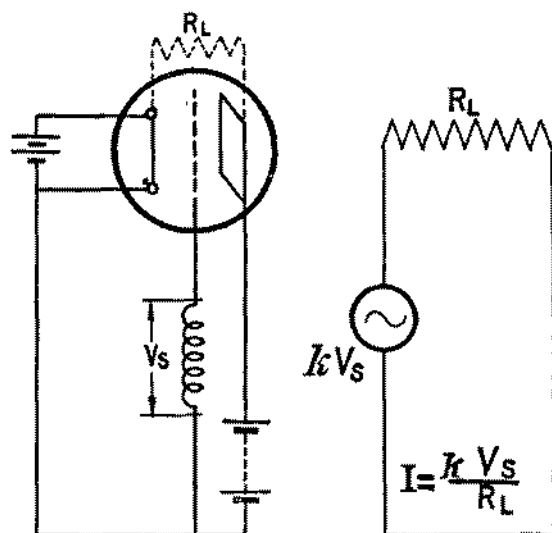


Fig. 101. — Circuitul echivalent al triodei.

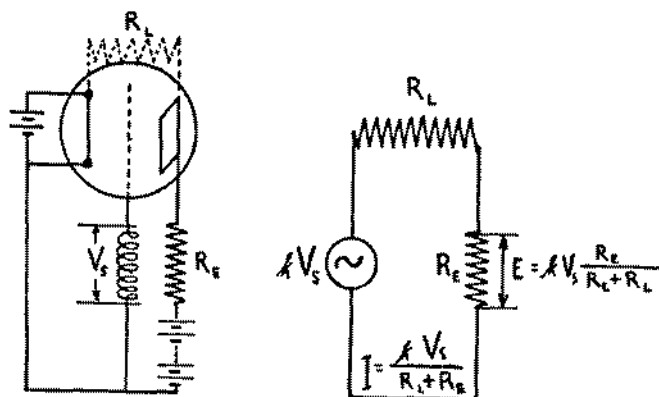


Fig. 102. — Circuitul echivalent al triodei cu sarcină.

rezistenței exterioare. Se vede imediat că diferența de potențial disponibilă este mai mică decât factorul de amplificare «*k*» întrucât acesta se înmulțește cu fracția subunitară

$$\frac{R_E}{R_E + R_L}$$

fracție ce poate deveni unitară numai în cazurile limită — practic irealizabile, — când rezistența interioară este zero, sau rezistența exterioară infinită.

Fig. 103 arată cum variază amplificarea utilă când variază raportul între rezistența lămpii și rezistența exterioară.

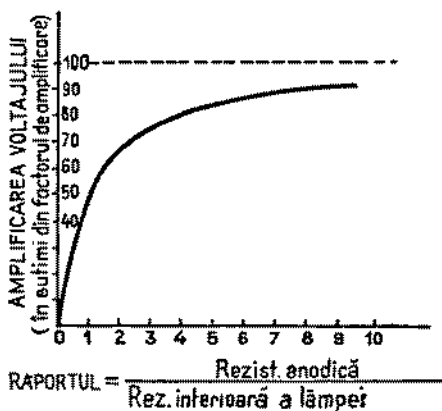


Fig. 103. — Variația amplificării utile în raport cu variația sarcinii.

Rezistența exterioară nu poate fi prea mare întrucât produce o prea mare pierdere de voltaj. Așa de exemplu dacă placa trebuie alimentată la 120 V și punem o rezistență exterioară egală cu rezistența interioară a lămpii

(care ne dă o amplificare utilă egală cu jumătate din factorul de amplificare al lămpii) atunci trebuie să alimentăm placa cu o sursă de 240 V, căci 120 V se pierd în rezistența exterioară.

Dar precum vom vedea mai departe, rezistența ohmică din cazul de față se înlocuește de obicei printr'un circuit oscilant și atunci diferența de potențial pe sarcină

(la rezonanță) e dată de rezistența dinamică ($\frac{L}{CR}$, Cap.

IV), pe când scăderea tensiunii de alimentare e determinată de rezistența ohmică a bobinei, care este neglijabilă. Cu alte cuvinte, deși avem o rezistență atât de mare (rezistența dinamică), tensiunea de alimentare nu este redusă aproape de loc.

CAPITOLUL XIII

LĂMPILE CU 4 ȘI 5 ELECTROZI, LĂMPILE CU PANTĂ VARIABILĂ

Lampa cu trei electrozi stă la baza tuturor lămpilor de radio. Lămpile mai complexe nu sunt decât perfecționările triodei, obținute prin adăugarea unor site suplimentare.

Funcțiunile sitelor

Sitele suplimentare pot îndeplini trei funcțiuni fundamentale, fig. 104:

1. *Reducerea încărcăturii spațiale*, așa încât lampa poate funcționa cu o tensiune anodică mai mică. Acestea sunt lămpile bigrile, puțin întrebuințate astăzi. Nu ne oprim asupra lor.

2. *Formarea unui ecran electrostatic*, prin care se suprimă aproape complet efectul plăcii asupra eurentului de placă și în al doilea rând se suprimă cuplajul capacitiv între sită și placă, și implicit cuplajul între circuitele legate de aceste elemente.

3. *Oprirea emisiunii electronice secundare de pe anodă.* Prin bombardamentul electronic anoda emite electroni secundari cari stingheresc funcționarea lămpii după cum vom vedea îndată.

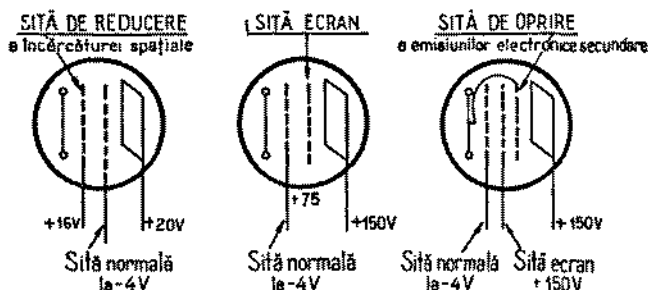


Fig. 104. — Funcțiunile diferitelor site.

Lampa cu sită-ecran, tetraoda

Aceasta constituie doar stadiul intermediar între triodă și pentodă, care a înlocuit-o aproape complet.

Tetraoda are o sită-ecran între sita de comandă și anodă, fig. 104. Această sită trebuie să îndeplinească două condiții:

1. Să fie pusă la pământ, căci numai astfel constituie un ecran eficace, și

2. să fie la un potențial ridicat pentru a atrage electronii, căci atracția anodei nu se poate exercita dincolo de ecran.

Aceste două condiții în aparență contradictorii pot fi ușor satisfăcute prin faptul că este vorba de curent alternativ. Punerea la pământ se poate face în acest caz nu prin contact direct ci printr'un condensator mai mare, așa încât sita-ecran poate să-și mențină potențialul pozitiv ridicat ce i se aplică. Bine înțeles că anoda trebuie

să fie la un potențial și mai ridicat decât sita-ecran, căci numai astfel se poate închide circuitul anodic (altfel electronii s'ar scurge prin sita devenită anodă).

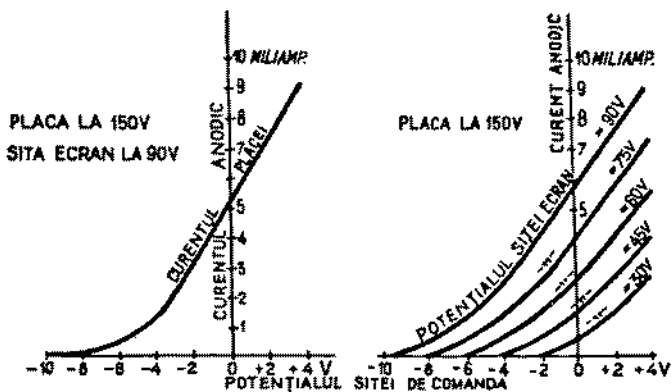


Fig. 105 și 106. — Caracteristica sită anodă a tetraodei la diferitele tensiuni ale ecranului.

Funcționarea lămpii este simplă. Curentul anodic este determinat aproape exclusiv de potențialul sitei de comandă și de potențialul sitei-ecran. Influența plăcii este cu totul redusă așa încât factorul de amplificare este foarte mare. Amintim că factorul de amplificare este raportul între variația potențialului anodic și a potențialului de sită care produce aceeași creștere, — sau descreștere — a curentului anodic. În fond coeficientul de amplificare exprimă ecranajul sitei suplimentare, sau neputința plăcii de a influența curentul electronic.

Din cele de mai sus rezultă că și rezistența lămpii este foarte mare, întrucât variația tensiunii de placă nu are decât o influență cu totul redusă asupra curentului.

Intr'adevăr lămpile cu sită-ecran au factori de amplificare de câteva sute sau chiar câteva mii, dar amplifi-

careea utilă e mult mai mică întrucât și rezistențele interioare sunt de sute de mii de ohmi, sau chiar de câțiva megohmi.

Panta are însă cam aceleași valori ca la triode, în jurul a 1 MA/V, sau mai mult.

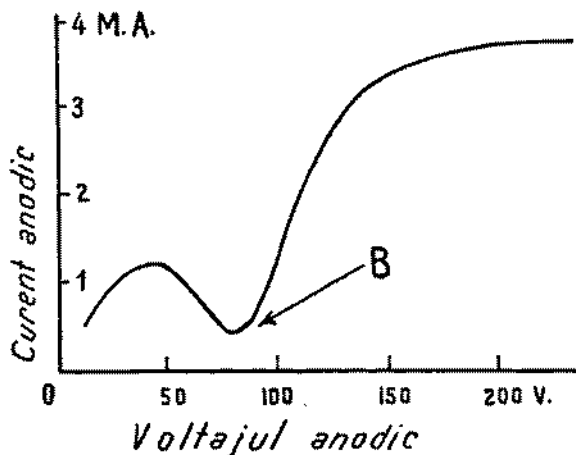


Fig. 107. — Caracteristica anodică a tetraodei.

Capacitatea sită-anodă este precum am arătat din capul locului foarte redusă, cam $0,003 \mu\mu F$ sau chiar $0,001 \mu\mu F$ față de 6—8 $\mu\mu F$ cât găsim la trioda obișnuită.

Caracteristica lămpii este dată în fig. 105 iar fig. 106 arată cum este influențată această caracteristică de potențialul sitei-ecran. De notat că aspectul caracteristicilor nu se deosebește de al triodelor.

În schimb caracteristica voltaj anodic, curent anodic, este diferită fig. 107. Cotul B se explică prin emisiunea electronică secundară care vine dela placă. În cazul unei triode, emisiunea electronică secundară n'are

pe unde să se scurgă, întrucât sita este sau negativă sau foarte puțin pozitivă. Dar în cazul de față, avem în apropierea anodei sita-ecran care este la un potențial destul de ridicat pentru a atrage și a scurge electronii. Apare așa dar un contra curent dela placă la sita-ecran care se scade din curentul anodic. Acest contra-curent e neînsemnat de mic la începutul curbei fiindcă potențialul plăcii e redus, viteza electronică e mică și deci neîdestulătoare pentru a desprinde electronii. Ridicând însă potențialul plăcii emisiunea electronică secundară crește și poate depăși emisiunea primară. Atunci curentul anodic scade cum se vede în fig. 107 și poate chiar să se inverseze, punctul « *B* » putând trece dincolo de zero.

Dacă potențialul se ridică și mai mult, bombardamentul electronic devine tot mai violent, emisiunea secundară crește, dar nu se mai duce la sita-ecran ci recade pe placă, întrucât aceasta este mult mai pozitivă decât sita.

Din cauza cotului din caracteristică, funcționarea lămpii este stabilă numai dincolo de punctul *C*, ceea ce restrânge întrebuințarea ei. Cu alte cuvinte nu se pot aplica semnale de prea mare amplitudine.

Pentoda

În această lampă se suprimă cotul *A B C* al tetraodei prin adăugarea unei site de oprire. Aceasta împiedică scurgerea emisiunii secundare prin sita-ecran. Sita de oprire este legată de filament, de obicei chiar în interiorul lămpii.

Fig. 108 rezumă cele de mai sus.

Lămpile cu pantă variabilă

(sau cu factor de amplificare variabil)

Când o lampă amplifică i se negativează sita în așa fel încât funcționează pe porțiunea dreaptă a caracteristicii. Amplificarea obținută depinde de panta lămpii

care este fixă, întrucât chiar dacă schimbăm potențialul anodei, curbele caracteristice au porțiunile drepte aproape paralele, fig. 97.

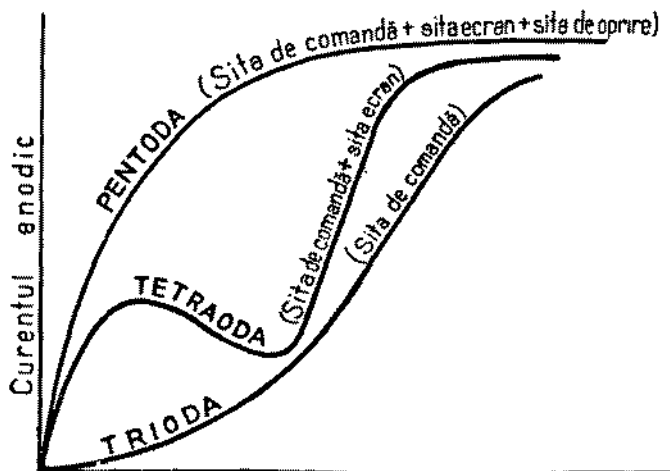


Fig. 108. — Caracteristica anodică a diferitelor lămpi, (relația între potențialul anodic și curentul anodic).

Dacă însă sita de comandă este formată din două porțiuni, o jumătate mai deasă, și a doua jumătate mai puțin deasă, lampa va căpăta caracteristica din fig. 109. Avem de fapt două caracteristici I și II, adică două pante diferite. Dacă negativarea permanentă a sitei este de exemplu de -20 V suntem pe caracteristica I, iar dacă negativarea permanentă a sitei este de -3 V, trecem pe caracteristica II. Putem obține așa dar două amplificări deosebite, parcă am schimba lampa.

Dacă însă desimea sitei este continuu variabilă, atunci vom obține o infinitate de caracteristici cari prin contopire dau curba din fig. 110. Așa dar porțiunea dreaptă

a caracteristicii ce o prezintă lămpile obișnuite a fost înlocuită printr'o curbă cu panta continuu variabilă. După negativarea ce se dă sitei putem obține diferite amplificări.

Cititorul se va întreba poate de ce e nevoie de aceste lămpi speciale, de vreme ce și lămpile obișnuite au o porțiune a caracteristicii care este asemănătoare, și anume

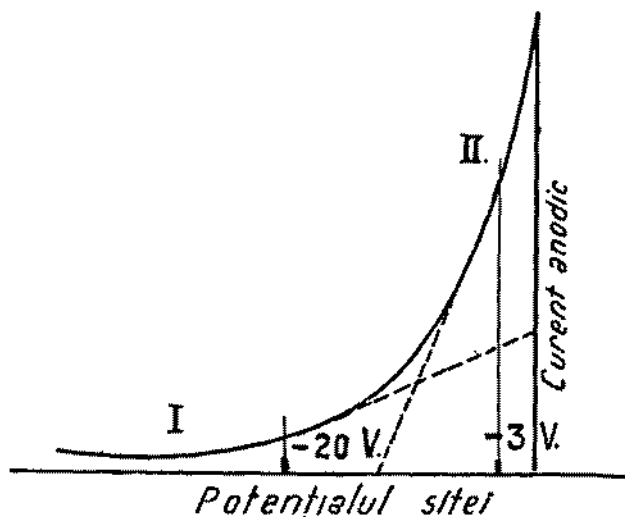


Fig. 109. — Caracteristica unei lămpi cu două site diferite montate în prelungire.

în cotul de jos. Acest cot este însă neîncăpător în sensul că este cuprins într'o variație foarte mică de potențial, cam 1 V sau nici atât, pe când în lampa cu panta variabilă cotul se întinde pe zeci de volți. Dacă semnalele normale ar fi de exemplu de sutimi de volți s'ar putea obține amplificări variabile cu o simplă triodă aplicând negativări mijlocii foarte precise pe sita de comandă.

Dar în practică avem fluctuații de voltaj mult mai mari, așa încât trebuie să întrebuițăm lămpi cu pantă variabilă. Aceste lămpi sunt de obicei pentode și se reprezintă în scheme ca lămpile obișnuite cu singura deosebire că se taie cu o săgeată.

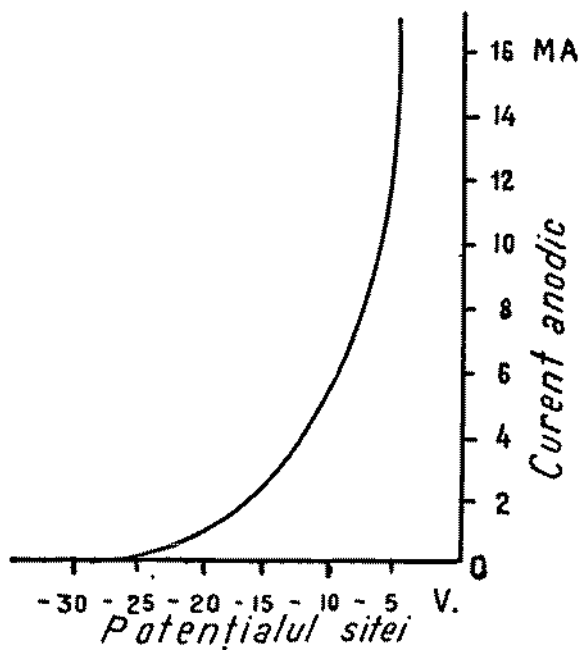


Fig. 110. — Caracteristica lămpilor cu pantă variabilă.

Lămpile cu pantă variabilă ar putea fi tetraode sau chiar triode, dar în acest din urmă caz nu s'ar putea obține o variație de amplificare destul de mare. Putem spune că toate lămpile cu amplificare variabilă sunt pentode și trebuie să adăugăm că se întrebuițează pe o scară din ce în ce mai întinsă.

CAPITOLUL XIV

LĂMPILE SPECIALE

Lămpi multiple

Lămpile speciale sunt foarte variate și foarte numeroase. Ne vom ocupa numai de cele mai importante. Avem în primul rând lămpile combinate sau multiple.

Se montează două sau trei lămpi în același balon de sticlă și se alimentează de obicei cu aceeași catodă: dioda dublă, trioda dublă, dubla diodă—triodă, etc. fig. 111.

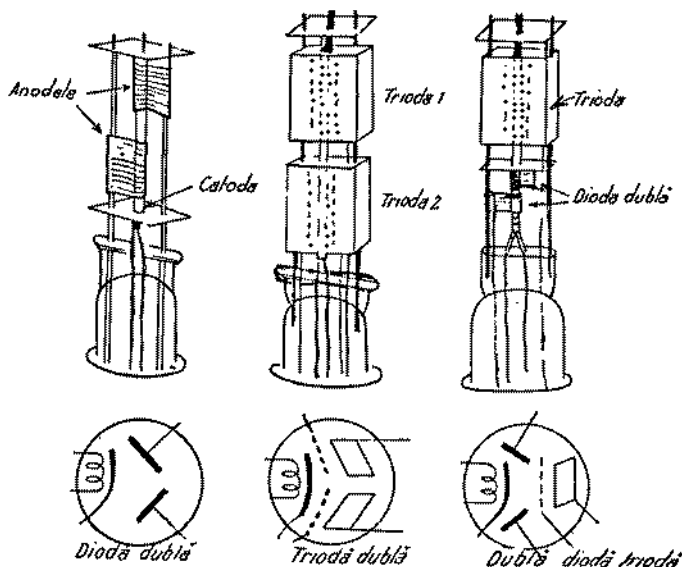


Fig. 111. — Lămpi multiple.

Prima parte a triodei duble poate deservi de exemplu două etaje de joasă frecvență în serie, sau de obicei în push-pull, iar dubla diodă-triodă poate îndeplini func-

țiunea de detectoare pentru recepție (o alternanță) plus o triodă amplificatoare de joasă frecvență, iar a doua diodă (întrebuințând cealaltă alternanță) poate alimenta reglajul automat de volum.

Mergând mai departe în această ordine de idei a lămpilor combinate trecem la hexodă, heptodă, și octodă.

Toate aceste lămpi au o singură catodă, dar în deosebire de lămpile considerate la începutul capitoului, ele sunt montate în serie, fig. 112. Cu alte cuvinte anoda primei lămpi (care nu este o placă ci o sită) constituie sursa de electroni, catoda, lămpii următoare. Dar pentru mai multă precizie trebuie să adăugăm că de fapt catoda nu este formată chiar de anodă ci din norul de electroni care a trecut de anodă și se află între sita-ecran și sita de comandă.

Lămpile din această categorie se întrebuințează numai în montajele superheterodina, în care trebuie să suprapunem o oscilație locală pe semnalul incident.

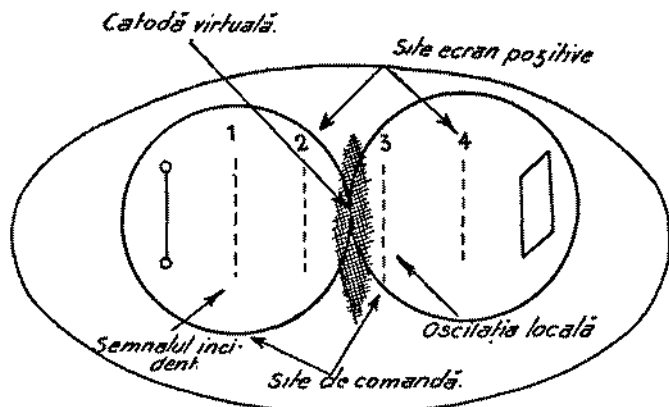
Hexoda. Fig. 112 primește semnalul pe sita Nr. 1 și oscilația locală pe sita Nr. 3. Oscilația locală este produsă de o triodă complet separată sau de o triodă montată în balonul hexodei și în acest caz lampa se numește triodă-hexodă ¹⁾.

A doua parte a hexodei constituie precum se poate vedea o tetraodă. Avem catoda virtuală, sita de comandă (3) sita-ecran (4) și anoda sau placa. Pentru a evita cotul din caracteristica tetraodei se adaugă o sită de oprire între sita (4) și placă ajungând astfel la heptodă. Dar această heptodă se prevede de obicei cu o triodă în interiorul balonului și se numește atunci « triodă-heptodă ». Prin simpla denumire de heptodă, se înțelege în mod curent o altă lampă pe care o descriem mai jos.

Lămpile din această categorie nu pot fi montate cu

¹⁾ Printr'un anumit montaj se poate suprima trioda producând oscilația chiar în hexodă, dar această soluție prezintă neajunsuri.

reglaj automat de volum întrucât aceasta ar influența catoda virtuală într'atât, încât ar opri oscilațiile.



HEXODĂ

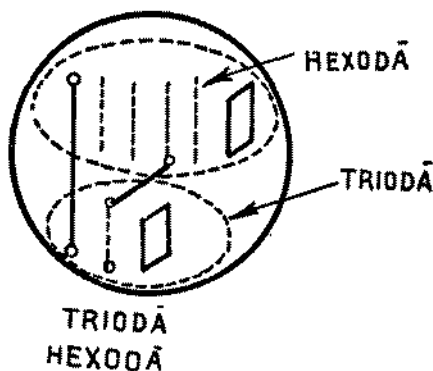


Fig. 112 a și b. — Hexode.

Heptoda, își produce singură oscilația, fără ca să mai aibă nevoie de o triodă exterioară sau interioară.

Heptoda este formată dintr'o triodă oscilatoare și o tetraodă amplificatoare montate în serie, fig. 113.

Octoda, diferă de heptoda descrisă mai sus, numai prin adăugarea unei site-ecran între sita (5) și placă. Astfel se transformă partea a doua a lămpii într'o pentodă.

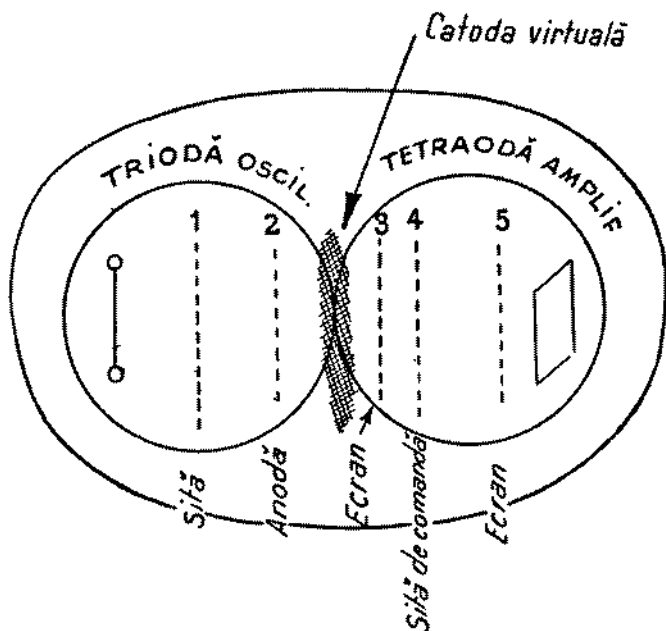


Fig. 113. — Heptodă.

În toate lămpile de mai sus suprapunerea semnalelor se face prin fluctuațiile din catoda virtuală care constituie un rezervor electronic continuu variabil. Iar curentul de placă depinde de această rezervă de electroni, și de ce se petrece în a doua lămpă. Se obține așa dar o suprapunere a oscilației și a semnalului pe cale pur elec-

tronică. N'avem nici cuplaj prin inductanță nici prin capacitate, nici prin rezistență. Cuplajul electronic menține independența circuitelor și îmbunătățește mult superheterodina.

Lămpi cu fascicule electronice

În toate lămpile considerate până aci, emisiunea electronică era mai mult sau mai puțin uniformă de-a-lungul și în jurul catodei.

În ultimul timp au apărut însă lămpi în cari electronii sunt grupați în fascicule. Astfel se pot obține importante îmbunătățiri: reducerea consumației de înaltă tensiune, o importantă reducere a sgomotului de fond al lămpii, în sfârșit perfecționarea lămpilor de superheterodine cari produc amestecul (octodele).

Lămpile de acest tip se întrebuințează pentru amplificarea în înaltă frecvență, în joasă frecvență și ca lămpi de amestec pentru superheterodine, octode.

Lampa amplificatoare de înaltă frecvență diferă de lămpile obișnuite prin faptul că are o sită de deviație așezată între sita-ecran și sita de comandă, fig. 114. Sita de deviație este puțin negativă, iar spirele ei se află exact în dreptul spirelor sitei-ecran. Astfel electronii se strâng în fascicule pentru a ocoli sita de deviație și fasciculele odată formate trec și de sita-ecran care deși pozitivă numai poate atrage decât foarte puțini electroni. Astfel se reduce în mod simțitor curentul sitei-ecran — cam la o zecime — ceea ce constituie o economie. Dar nu numai atât, prin reducerea curentului de sită-ecran se micșorează foarte mult sgomotul de fond al lămpii și se obține o audiție mai curată, mai ales pe undele scurte și cu semnale slabe ¹⁾.

¹⁾ Sgomotul de fond al primei lămpi este cel care contează cu adevărat într'un aparat de recepție, întrucât debitul primei lămpi este amplificat cel mai mult.

În lămpile de joasă frecvență fasciculele se obțin într'un mod mai simplu ca în fig. 114, fără sită de deviație. Se așează doar spirele sitei de comandă exact în

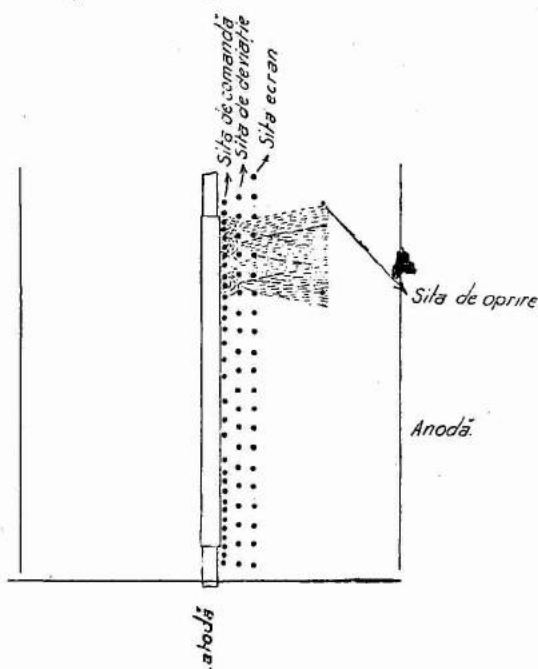


Fig. 114. — Lampă cu fascicule electronice.

dreptul spirelor sitei-ecran și astfel sita de comandă îndeplinește rolul sitei de deviație. Această soluție nu se poate aplica la lămpile de înaltă frecvență întrucât sita-ecran este mult mai deasă decât sita de comandă.

O altă aplicație a fasciculelor electronice este ilustrată în fig. 115 care reprezintă o tetraodă cu caracteristică de pentodă. Sita de oprire a emisiunii electronice secundare este înlocuită prin plăcile de deviație *AB* cari

sunt puțin negative. Sub influența acestor plăci electronii se îndreaptă spre anodă strânși în două fascicule. Emisiunea electronică secundară a anodei este împiedicată de a se scurge la sita-ecran întrucât plăcile de deviație

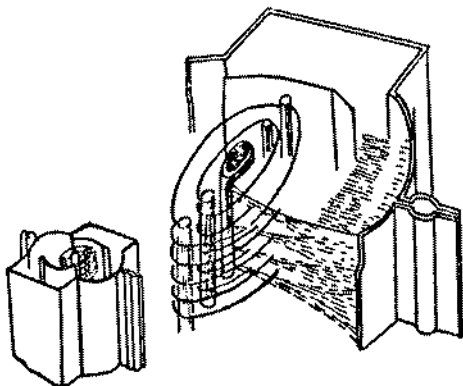


Fig. 115. — Tetraodă cu caracteristică de pentodă.

formează în prelungirea lor un fel de nor de electroni prin faptul că deplasarea lor este frânată în această regiune. Norul de electroni respinge emisiunea secundară.

Octoda cu fasciculele electronice înlătură defectele octodei obișnuite pe unde foarte scurte. Aceste neajunsuri sunt următoarele:

1. Desacordarea heterodinei prin negativarea sitei de comandă (4) adică prin reglajul automat de volum. Într'adevăr, negativarea sitei (4) face să varieze sarcina spațială și implicit capacitatea dintre catodă și S_1 , S_2 , precum și panta oscilatoarei.

2. Cuplaje capacitiv-parazite între sitele (1) și (4), fig. 114. Octoda din fig. 116 împarte emisiunile electronice în patru fascicule: două alimentează oscilatorul format din K , g_1 , g_2 , iar alte două fascicule alimentează catoda amplificatoare (g_3 , g_5 , g_6).

Prin construcția ecranului g_3 , electronii cari se întorc dela g_4 nu mai pot influența sarcina spațială a oscilatorului, pentru simplul motiv că nu mai ajung în oscilator și se opresc pe exteriorul ecranului g_3 precum se vede

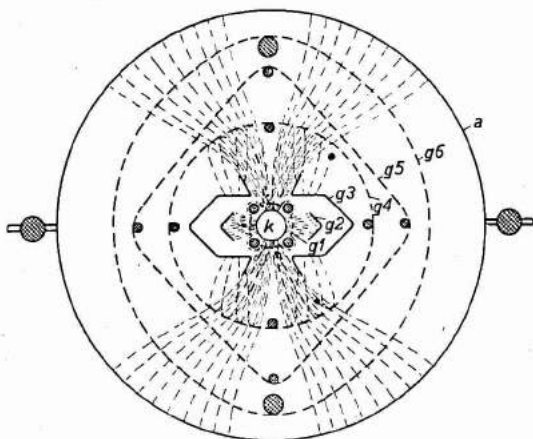


Fig. 116. — Octodă cu fascicule electronice.

în figură. Deasemenea capacitatea g_1, g_4 este de fapt suprimată prin noua așezare a electrozilor.

Lămpile cari amplifică prin emisiune electronică secundară

Până aci am considerat numai un mecanism de amplificare, prin comanda electrostatică a sitei.

Trecem acum la un mecanism de amplificare cu totul diferit, bazat pe emisiunea electronică secundară.

Am arătat în capitolul XIII că bombardamentul electronic produce o emisiune electronică secundară care poate ajunge până la de 10 ori intensitatea bombardamentului primar. Ca și în cazul sitei electrostatice nu avem un câștig de energie ci numai posibilitatea de a elibera cantități mari de energie dintr'o sursă locală. Intr'adevăr deși emisiunea electronică secundară este mai bogată de-

cât cea primară, electronii emiși sub influența bombardamentului au o viteză mai mică și pentru a le mări energia se accelerează prin atracția unei plăci pozitive legată de o sursă de înaltă tensiune.

Amplificarea prin emisiune electronică secundară este foarte întrebuințată în televiziune ¹⁾ dar în lămpile de radio n'a apărut decât de curând. Iată de ce: în televiziune, punctul de plecare este o suprafață foto-emisivă, adică o suprafață care emite electroni sub influența luminii. În lămpile de radio, punctul de plecare este o suprafață termo-emisivă, care emite prin urmare electroni prin încălzire. Dar în acest din urmă caz, emisiunea electronică este însoțită de o emisiune ionică, adică de molecule și atomi electrizați negativ.

Avem așa dar și un transport de materie, care se depune pe suprafața de emisiune electronică secundară, o acoperă și îi reduce foarte mult proprietățile emiseive.

Pentru a înlătura acest neajuns, s'a recurs la un filtraj

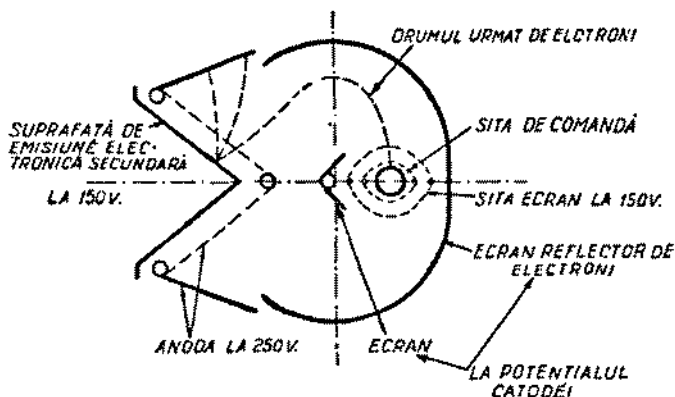


Fig. 117. — Lampă cu emisiune electronică secundară pentru amplificare.

¹⁾ Amănunte în lucrarea mea intitulată «Televiziune».

electric. Fig. 117 reprezintă o secțiune printr'o lampă de radio construită pe acest principiu.

Suprafața de emisiune electronică secundară este ferită de bombardamentul direct al catodei prin cele două ecrane. Electronii însă pot ajunge la suprafața de emisiune secundară fiind canalizați prin câmpuri electrostatice potrivite. Dar drumul electronilor nu poate fi urmat de ioni întrucât au o masă diferită și astfel sunt înlăturați. Mulțumită acestui filtraaj electric, suprafața care produce emisiunea electronică secundară e atinsă numai de electroni și astfel nu-și pierde proprietățile emiseive.

Lampa de față este precum se vede o lampă cu sită-ecran, — o tetraodă, — completată cu dispozitivul de emisiune electronică secundară prin care se înmulțește amplificarea ei normală cu 5. Așezarea anodei în formă de sită în imediata apropiere a suprafeței de emisiune secundară permite funcționarea cu tensiuni mai reduse.

Lampa aceasta constituie doar un început, căci în această direcție se va putea merge mult mai departe. Astfel prin întrebuințarea unor tensiuni mai ridicate se vor putea înmulți etajele de amplificare prin emisiune electronică secundară în o aceeași lampă, întocmai ca în amplificatorii de televiziune (descriși în lucrarea citată mai sus).

Magnetronul. Magnetronul este o lampă care se deosebește fundamental de toate lămpile considerate până aci. Curentul anodic nu este comandat de un câmp electrostatic ci de un câmp magnetic, de unde și numele lămpii. Lampa este formată numai din filament și anodă, iar sita care lipsește este înlocuită printr'un bobinaj exterior parcurs de un curent ce produce câmpul magnetic de comandă, fig. 118. Dacă avem un curent slab, câmpul magnetic va fi de asemenea slab, iar electronii vor călători în linie dreaptă dela filament la anodă. Dar de îndată ce câmpul magnetic crește, influențează electronii exercitând o forță perpendiculară pe direcția lor de deplasare, așa încât electronii încep să descrie o spirală

în jurul filamentului. Această spirală se desfășoară spre placă sau se strânge spre filament când intensitatea câmpului trece de o anumită limită. În felul acesta se poate întrerupe curentul anodic ca și prin negativarea sitei unei triode obișnuite.

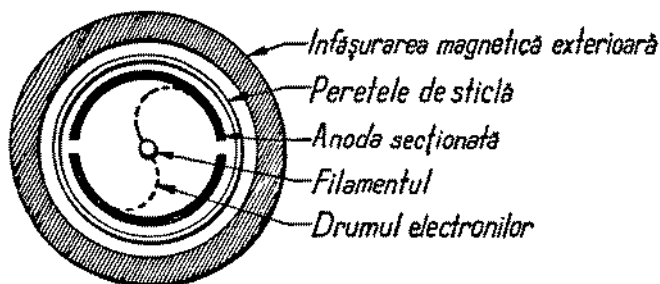


Fig. 118. — Magnetronul.

Magnetronul prezintă interes ca oscilator și vom reveni asupra lui în capitolul XXIV.

CAPITOLUL XV

CONSTRUCȚIA LĂMPILOR DE RADIO

Lampa de radio e un aparat de mare precizie.

Părțile componente se dimensionează la mii de milimetri, elementele rare care intră în compunerea filamentului se dozează cu miligramele, iar vidul atinge a suta milioana parte din presiunea atmosferică.

Variatele și complicatele operații de fabricație se controlează în permanență până în cele mai mici amănunte, iar lămpile odată terminate se încearcă una câte una. Numărul încercărilor variază după complexitatea lămpii și trece adeseori de zece.

Să considerăm acum diferitele părți ale lămpii de radio.

Catoda

Este izvorul de electroni și constă din:

1. Tungsten pur.
2. Tungsten toriat, sau
3. Un strat de anumiți oxizi (bariu, stronțiu sau calciu).

Electronii sunt emiși fie de un filament încălzit de curentul electric, *încălzirea directă*, — sau de un tub metalic încălzit de un filament central, *încălzirea indirectă*.

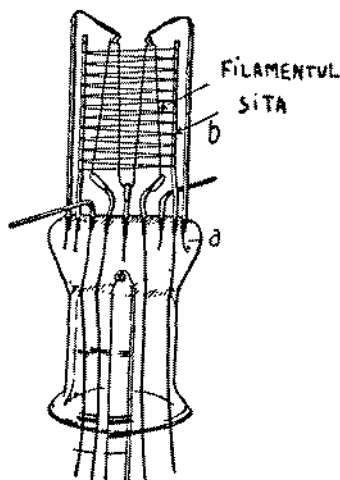


Fig. 119. — Filamentele lămpilor încălzite direct.

Lămpile cu încălzire directă au un randament mai bun, cu alte cuvinte consumă mai puțini wați, pentru a produce o anumită emisiune electronică, și ca atare se în, trebuințează în aparatele alimentate cu pile sau acumulatori. Firul este montat de obicei în « V » sau în « M ».

fig. 119 și este susținut de suporturi arcuite cari îl mențin întins și după ce se dilată prin încălzire.

Lămpile de recepție au firul de nichel sau un aliaj de nichel, acoperit cu oxizi de stronțiu sau de bariu. Astfel se obține o emisiune electronică de 10 ori mai bogată decât cu vechile lămpi de radio al căror filament era făcut din tungsten pur și încălzit la o temperatură mult mai ridicată, (2000° față de vreo $500\text{--}600^{\circ}\text{C}$). Filamentele cu oxizi de stronțiu și de bariu pot da până la aproximativ 100 MA de fiecare watt consumat pentru încălzire.

Dar stratul de oxizi nu rezistă la tensiuni ridicate aplicate pe placă, așa încât dacă aceste filamente sunt excelente pentru lămpile de recepție, nu pot fi întrebuințate în lămpile de emisiune cari lucrează cu $500\text{--}2000$ Volți. Acestea sunt prevăzute cu filamente de *tungsten toriat*, care se prepară dizolvând 1 la sută oxid de toriu în tungsten topit. La încălzire, toriu metalic apare pe suprafața filamentului și mărește foarte mult emisiunea electronică.

Dar nici acest tip de filament nu rezistă la tensiuni mai mari de 2000 V. Pentru a putea lucra cu tensiuni ce depășesc această valoare se întrebuințează filamente de tungsten pur.

Lămpile cu încălzire indirectă sunt întrebuințate în aparatele de sector. Fig. 120 reprezintă firul de încălzire făcut din tungsten, materialul refractar care-l înconjoară (porțelan, etc.) — și tubul de nichel acoperit cu carbonat de bariu și de stronțiu care formează suprafața emițătoare de electroni, catoda.

Lămpile moderne au o construcție ceva mai simplă: pe firul de încălzire de tungsten, care este înfășurat într'o dublă spirală, se depune prin stropire un strat de oxid de aluminiu care susține stratul emițător. Astfel se reduce consumul și inerția termică, — lămpile intră în funcțiune mai repede.

Lămpile cu încălzire indirectă considerate mai sus au o inerție termică destul de mare pentru a menține emi-

siunea electronică constantă cu toate variațiile instantanee ale curentului alternativ ce trece prin firul de încălzire. Dacă s'ar întrebuința emisiunea electronică a acestui fir ar apărea un sgomot de sector prin faptul că

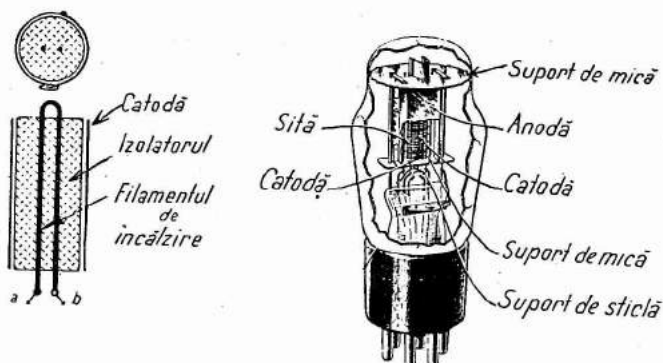


Fig. 120. — O catodă cu încălzire indirectă și interiorul lămpii.

emisiunea electronică variază cu temperatura, adică cu valorile instantanee ale curentului. Totuși se întrebuințează câteodată și astfel de lămpi, dar atunci filamentul trebuie să aibă o inerție termică destul de mare și trebuie prevăzut cu o priză mediană (de obicei exterioară) pe care se închide circuitul sitei. Altfel sita ar primi fluctuațiile de voltaj dela un capăt al filamentului și ar produce un puternic sgomot de sector.

În lămpile cu încălzire indirectă se ia încă o precauțiune pentru a înlătura sgomotul de sector anume, se neutralizează câmpul magnetic produs prin trecerea curentului îndoind firul sau răsucindu-l, fig. 120.

Sitele și anodele

Acestea fac de obicei din nichel, un aliaj de nichel, fier, sau molibden.

Sita nu este formată dintr'o placă găurită sau o împletitură cum s'ar putca crede ci dintr'un simplu fir înfășurat în spirală la o oarecare distanță de filament ¹⁾. Cu cât spirele sunt mai strânse și cu cât sunt mai apropiate de filament cu atât panta este mai mare.

Anoda ia de obicei forma unui cilindru turtit și se numește în mod curent «placă». Placa se încălzește prin bombardamentul electronic, dar această încălzire nu este prea mare în lămpile de recepție. În cazul lămpilor de emisiune însă, placa poate deveni incandescentă, ba mai mult chiar se, poate topi. Ca atare ea trebuie răcită. Răcirca se face sau cu aer, — asigurând o circulație suficientă în jurul lămpci, — sau cu apă. În acest caz lampa se răcește ca un motor cu explozie printr'o cămașă de apă. Aceste lămpi mari au placa montată în prelungirea peretelui de sticlă, fig. 121 pentru a fi în contact direct cu apa de răcire. Ele se întrebuintează în toate posturile de radio-difuziune. Se pot vedea la Radio-București, Chișinău și la Radio-România (Bod-Brașov).

În ultimul timp au apărut lămpi de câțiva kilowați răcite cu aer. Anoda este tot exterioară dar are o mare suprafață de răcire în jurul căreia circulă aer pus în mișcare de un ventilator.

Învelișul

Sticlă. Lămpile de radio au de obicei un înveliș de sticlă, — poate o reminiscență dela lămpile de iluminat.

Învelișul de sticlă se completează adeseori cu un depozit de cărbune pe fața interioară și cu un depozit metalic pe fața exterioară.

Depozitul de cărbune suprimă emisiunea electronică secundară a sticlei, care rezultă din bombardamentul

¹⁾ Această distanță variază, câte odată se reduce la zecimi de milimetru.

electronilor emiși de catodă. Emisiunea electronică secundară stingherește buna funcționare a lămpii atât direct, cât și indirect prin electrizarea sticlei. Sticla se elec-

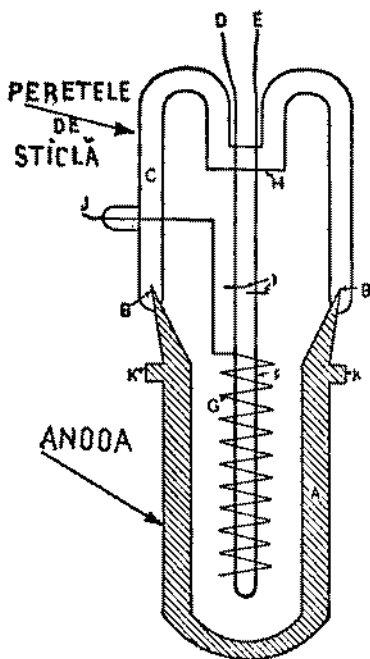


Fig. 121. — Lampă de emisiune cu anoda în prelungirea peretelui de sticlă, pentru răcire.

trizează pozitiv prin faptul că emite mai mulți electroni decât primește.

Dar pe lângă efectele produse de electronii secundari emiși de sticlă, lampa mai poate fi influențată și de câmpuri exterioare, electrostatice sau magnetice, dacă nu este blindată. Blindajul acesta poate fi constituit sau dintr'un

cilindru de metal care se așează peste lampă, sau dintr'un depozit metalic pe balonul lămpii. Această din urmă soluție e mai simplă. Depozitul metalic se acoperă cu un lac și se leagă sau de catodă, sau direct de pământ.

Siliciu. Sticla începe să se moaie la 450°C , iar siliciul pe la 1500°C . Din această cauză se preferă siliciul sticlei pentru lămpile de emisiune care se încălzesc mult.

Dar lămpile de emisiune mai mari se încălzesc atât de mult încât ar topi și baloanele de siliciu. Răcirea lor se face printr'un curent de apă care circulă în jurul anodei, precum am văzut mai sus, fig. 121. În acest caz partea cealaltă a balonului se face de obicei de sticlă.

Metal. Lămpile de emisiune considerate mai sus au așa dar un înveliș parțial metalic.

De câțiva ani se construiesc lămpi de recepție cu învelișul complet metalic. Legăturile electrozilor se fac prin mărgele de sticlă sudate de perete.

Lămpile metalice au fost lansate cu mare reclamă în America și după aceea au început să fie construite și în Europa. Ele au avut oarecare succes, dar calitățile lor au fost exagerate.

Sunt într'adevăr ceva mai solide, mai mici și mai uniforme ca lămpile de sticlă și scoaterea aerului se poate face într'un timp mult mai scurt fiindcă învelișul de metal conține mai puține gaze ocluse decât sticla și pe de altă parte poate fi încălzit la temperaturi mai mari pentru a se grăbi eliminarea acestor gaze. În schimb lămpile metalice au un sgomot de fond mai pronunțat decât lămpile de sticlă și alte mici neajunsuri.

Este greu de anticipat dacă lămpile metalice vor înlocui cu timpul lămpile de sticlă.

Producerea vidului

Urmele de gaz constituiesc un mare neajuns într'o lampă de radio, căci funcționarea devine neregulată, iar pe de

altă parte se distruge cu timpul suprafața emițătoare de electroni, atât prin bombardamentul ionic cât și prin reacțiile chimice ce se pot produce.

Pentru facerea vidului nu este destul de a întrebuința cele mai bune pompe. Mai trebuie și o instalație de aer lichid pentru a condensa vaporii de mercur cari vin dela pompe. Dar nu numai atât, lampa mai trebuie încălzită pentruca să elimine gazele ocluse în sticlă și în diferitele elemente componente. Încălzirea se face atât în cuptor cât și într'un câmp magnetic alternativ care produce curenți Foucault ce încălzesc toate piesele metalice. În sfârșit, după închiderea lămpii se volatilizează o pastilă de magneziu, care se depune pe pereții sticlei, dând eunoscutul aspect argintiu. Astfel se împiedică eșirea gazelor ocluse din sticlă, cari s'ar putea libera în timpul funcționării.

Cu toate aceste precauțiuni se ajunge la un vid de aproximativ $1/1.000.000$ mm de mercur, ceea ce înseamnă că tot mai rămân cam 1.000.000 molecule de gaz în fiecare milimetru cub.

PARTEA A IV

FUNCȚIUNILE LĂMPILOR

CAPITOLUL XVI

DETECȚIA

Modulația. Semnalele de joasă frecvență se extrag din curentul de înaltă frecvență care circulă în antena receptoare. Acest curent este produs de postul de emisiune precum am văzut în capitolul I.

Curentul de înaltă frecvență reprezentat în fig. 122 nu poate transmite sau purta niciun fel de semnal. Pentru



Fig. 122. — Unde întreținute continue.

a transporta un semnal curentul de înaltă frecvență trebuie:

1. întrerupt (telegrafie),
2. variat ca intensitate (modulație de intensitate),
3. variat ca frecvență (modulație de frecvență).

Fig. 123 reprezintă aceste trei posibilități de a imprima un mesaj pe curenții de înaltă frecvență.

Primul caz se referă la telegrafie, iar cazul 2 și 3 se referă la telefonie. Ne vom ocupa numai de cazul 2, întrucât modulația de frecvență nu se întrebuițează decât pe o scară foarte restrânsă (vezi pag. 336).

Modulația de intensitate constă în variația amplitudinii unei purtătoare prin curentul microfonic. Modu-

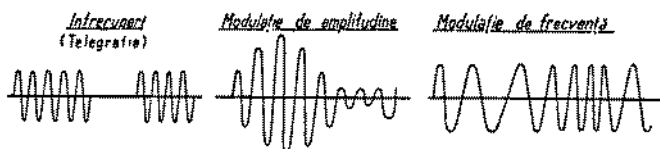


Fig. 123. — Cele trei feluri de a transmite semnale.

lația poate fi mai adâncă sau mai puțin adâncă, fig. 124.

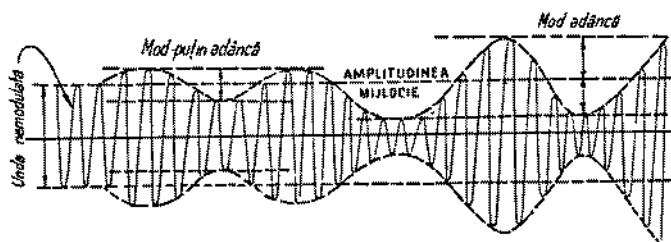


Fig. 124. — Modulații de diferite adâncimi.

Adâncimea modulației se exprimă în procente, fig. 125.

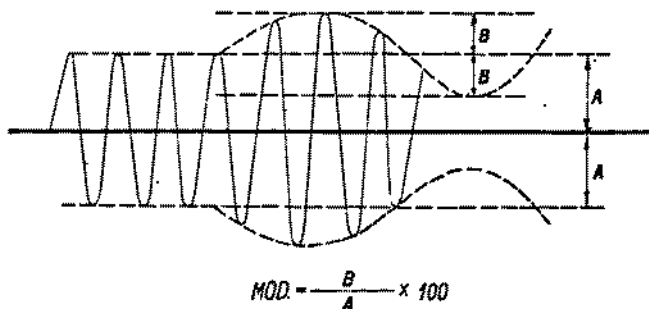


Fig. 125. — Procentul de modulație.

Astfel avem o modulație de 100 la 100 când prin modularea amplitudinii, unda purtătoare variază de la 0 la de două ori valoarea inițială (în fig. 125 $A = B$). Se pot obține și modulații mai adânci de 100 la 100 dar atunci înprimarea auditivei este deformată. În practică nu se trece de 70—80 la sută pentru pasagiile cele mai puternice, întrucât receptoarele deformează modulațiile mai adânci. Dar modulația nu trebuie să fie nici prea puțin adâncă întrucât se reduce bătaia. Într'adevăr, bătaia unei emisiuni telefonice depinde și de adâncimea modulației.

Necesitatea detecției. Detecția se mai numește și «demodulație», căci prin detecție se extrage modulația aplicată unei purtătoare.

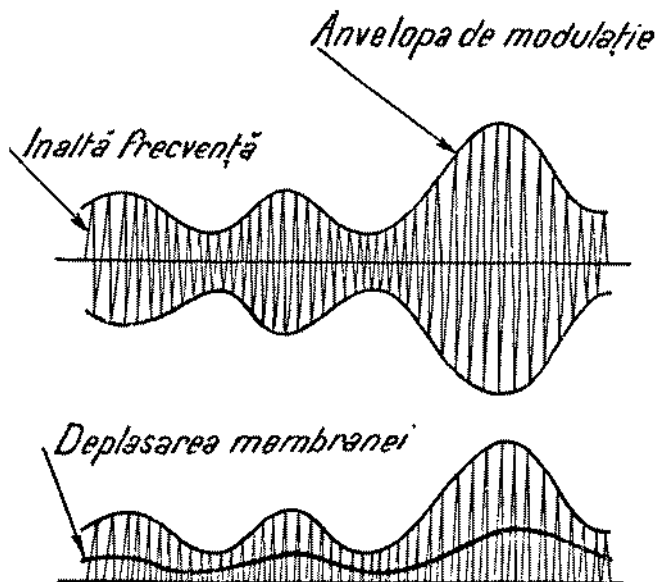


Fig. 126. — Extragerea semnalului de modulație prin suprimarea unei alternante de înaltă frecvență, detecția.

Dacă unda purtătoare ar alimenta direct o cască telefonică, nu s'ar auzi nimic. Curentul de înaltă frecvență întâmpină o reactanță prea mare pentru a putea trece prin bobinajele căștii. Dar chiar dacă ar trece, — sau chiar dacă s'ar face de exemplu o cască electrostatică — membrana n'ar putea urma fluctuațiile prea rapide determinate de curenții de înaltă frecvență. Membrana fiind împinsă cu aceeași forță când într-o parte când într'alta de milioane de ori pe secundă, ar sta pe loc. Admițând totuși că membrana ar putea executa aceste mișcări atât de repezi, tot nu s'ar auzi nimic căci s'ar produce ultra sunete, imperceptibile urechei.

Așa dar înalta frecvență trebuie înlăturată și trebuie să rămânem numai cu anvelopa ei, adică modulația telefonică.

Aceasta se face prin suprimarea unei alternanțe, fig. 126. Pulsațiile unidirecționale și foarte rapide ce rămân, determină atunci o deplasare încetă a membranei care co-

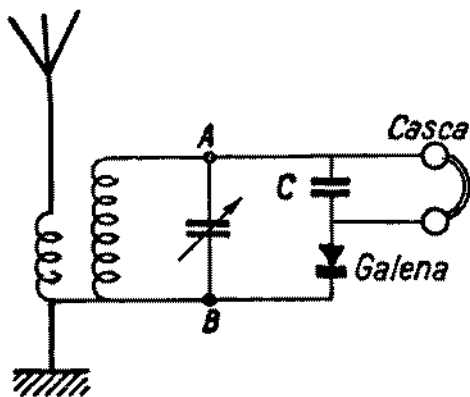


Fig. 127. — Detector cu galenă.

respunde cu intensitatea mijlocie a acestor impulsuri și este replica fidelă a modulației aplicată pe unda purtătoare.

Detecția cu galenă. Fig. 127 reprezintă cel mai simplu aparat de recepție. Acesta cuprinde acordul și detecția.

La aparatele cu lămpi, — chiar la cele mai complicate, — nu se mai adaugă decât o singură funcțiune esențială, amplificarea.

Funcționarea acestui montaj este evidentă: diferența de potențial alternativ între punctele *A* și *B*, ar produce un curent alternativ prin cască, cu valoarea mijlocie zero dacă n'am fi introdus supapa electrică pe care o constituie galena. Fig. 128 reprezintă caracteristica galenei, voltajul aplicat care fluctuează simetric, curentul

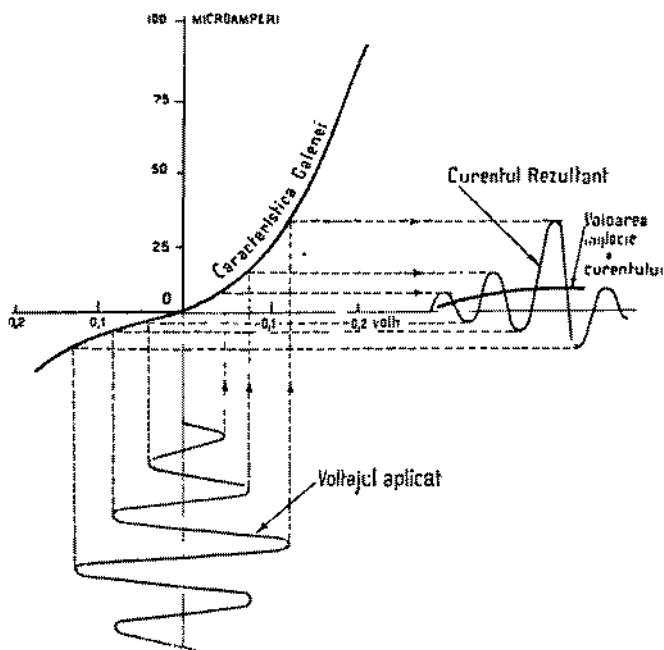


Fig. 128. — Caracteristica galenei.

rezultant care e asimetric, și valoarea mijlocie a curentului rezultant care corespunde cu deplasarea membranei telefonice.

Condensatorul C din schema 127 este o punte de trecere a înaltei frecvențe care ar întâmpina o impedanță prea mare în bobinajele căștii ¹⁾. Acest condensator trebuie să fie destul de mare pentru a permite o ușoară trecere a curentului de înaltă frecvență, și destul de mic pentru ca să ofere o piedică pentru componenta de joasă frecvență. Cu alte cuvinte nu trebuie să constituie un scurt circuit pentru joasa frecvență care în acest caz n'ar mai trece prin cască. Se ia de obicei o valoare de vreo 2000 cm. Pentru frecvențe de 100 kc. acest condensator reprezintă o reactanță de circa 700 ohmi, iar pentru o frecvență muzicală de 1000 cicli de exemplu, o reactanță de circa 70.000 ohmi, deci o reactanță mult mai mare decât casca, care are vreo 2000 ohmi.

Avem prin urmare un dispozitiv de filtrare care separă înalta frecvență de joasa frecvență.

Detectia prin diodă. În fig. 129 s'a înlocuit galena din fig. 127 printr'o diodă.

Condițiile de funcționare se schimbă întrucâtva prin faptul că dioda introduce un curent continuu, produs de emisiunea electronică a catodei (deși *nu* avem baterie anodică).

Caracteristica diodei a fost dată în fig. 88. În cazul de față ne interesează numai cotul inferior care e reprezentat în fig. 130.

Dacă în circuitul din fig. 129 n'am avea rezistența R , dioda ar funcționa în jurul potențialului zero ca și galena, iar curentul detectat s'ar determina prin aceeași construcție grafică (fig. 128). Cum însă la potențialul

¹⁾ În practică se poate auzi și fără acest condensator de trecere, întrucât înalta frecvență își găsește întotdeauna o trecere prin capacitățile parazite.

zero avem un curent I ce trece prin rezistența R , se produce o diferență de potențial IR , care deplasează punctul de funcționare dela zero spre stânga. Pentru a

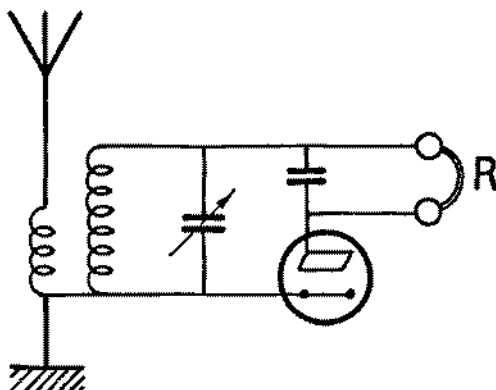


Fig. 129. — Detector cu diodă.

găsi noua poziție a punctului de funcționare trasăm dreapta OR care reprezintă rezistența R , căci pentru 2 V avem 0,5 MA, $\frac{2}{0,0005} = 4000$ ohmi. Prin urmare dioda

trebuie să funcționeze și pe caracteristica ei, așa încât punctul de funcționare se găsește la întretărirea A . Așa dar dioda funcționează la $-0,8$ V.

Să vedem ce se întâmplă acum la apariția semnalului. Valoarea mijlocie a curentului I depășește nivelul A , adică 0,2 MA, fiindcă alternanțele pozitive sunt mai mari decât alternanțele negative, fig. 130. Astfel crește produsul IR , care exprimă precum am văzut diferența de potențial ce apare la rezistența R fig. 129. Cu alte cuvinte se mărește negativarea și punctul de funcționare

se deplasează la stânga lui A . Cu cât semnalul are o amplitudine mai mare, cu atât se deplasează mai mult.

Putem privi lucrurile și altfel: rezistența R stăvilește scurgerea electronilor care se strâng pe sită în timpul funcționării, așa încât sita devine mai negativă.

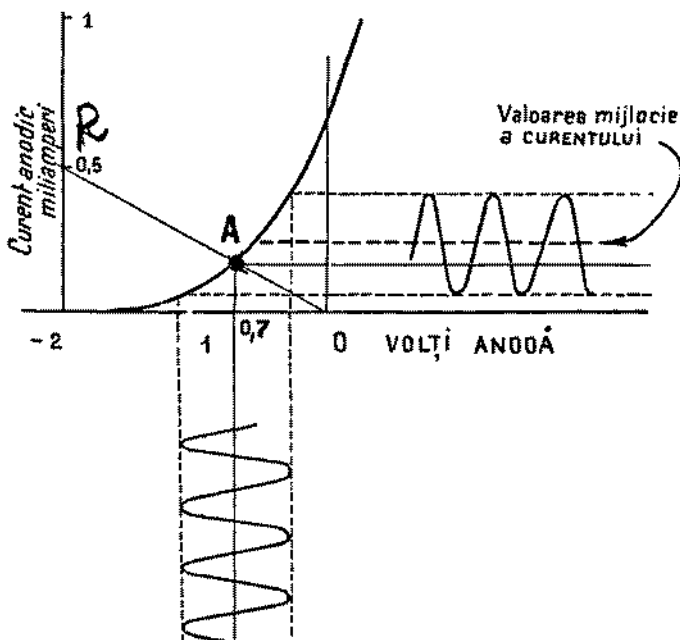


Fig. 130. — Caracteristica diodei (cotul inferior).

Fig. 131 ilustrează acest fenomen. Precum se vede, punctul de funcționare se deplasează atât, ca vârfurile pozitive să treacă puțin de potențialul inițial de funcționare (adică punctul A din fig. 130, funcționarea fără semnal).

Rezistența diodei și rezistența R șuntează circuitul oscilant și ca atare trebuie să aibe valori mari pentru a nu reduce semnalele și selectivitatea.

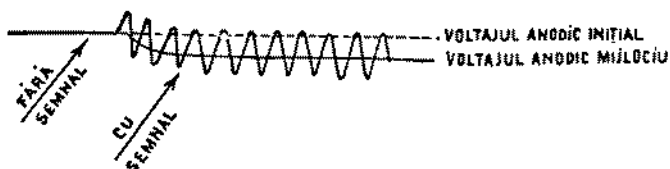


Fig. 131. — Detecția prin diodă se face prin curbura caracteristicii și deplasarea punctului de funcționare după intensitatea semnalelor.

Deformarea produsă de detecție. Un detector ideal ar trebui să aibe caracteristica din fig. 132 «a». În practică,

CARACTERISTICA

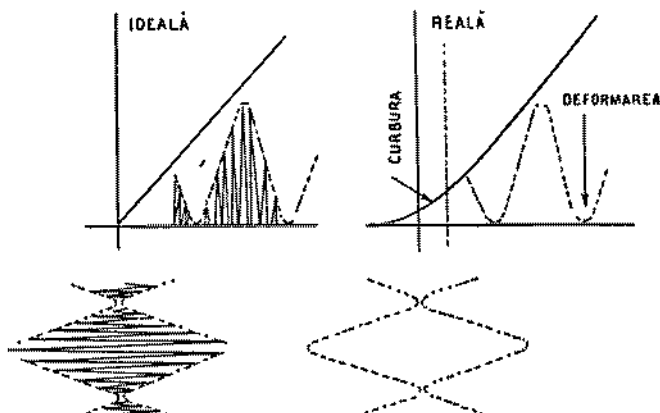


Fig. 132. — Caracteristica ideală a unui detector, și cea reală.

cotul inferior al caracteristicii e întotdeauna curbat, așa încât deformează semnalele când modulația e adâncă, de exemplu 100 la 100 ca în figura 132. Deformarea constă

din lărgirea sinusoidei în partea de jos. Este evident că modulațiile puțin adânci nu sunt deformate.

Detecția prin triodă. Detecția de placă. Trioda poate fi întrebuințată pentru a detecta printr'un mecanism aproape identic cu cel al diodei. Intr'adevăr, curba caracteristică a triodei seamănă cu a diodei, și dacă aplicăm tensiunea detectată pe sită — în cotul inferior al caracteristicii — obținem semnalul detectat în circuitul anodic.

Sistemul acesta prezintă două avantaje și un neajuns.

În primul rând sita fiind mereu negativă nu introduce o amortizare în circuitul oscilant, deci selectivitate bună și semnal puternic. Dar semnalul este puternic și pentru că lampa amplifică ¹⁾.

Neajunsul acestui detector este lipsa de liniaritate. În deosebire de caracteristica diodei care are porțiunea curbă foarte redusă, la aproximativ 1 V, în cazul triodei curbura se întinde pe un interval mai mare așa încât semnalul apare deformat, mai ales când modulația e mai adâncă.

Montajul pentru detecția de placă este dat în fig. 133.

Detecția de sită. Semnalul detectat cu dioda poate fi trecut la o triodă spre a fi amplificat. Montajul este dat în fig. 134.

Dar experiența arată că dacă scoatem dioda, funcționarea nu se schimbă cu nimic. După oarecari reflexii ne dăm seama

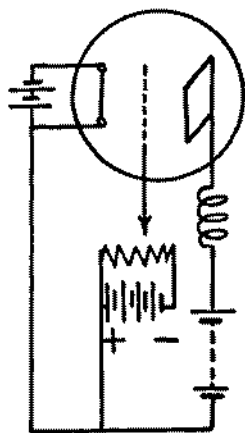


Fig. 133. — Montajul pentru detecție de placă.

¹⁾ De notat că punctul de funcționare nu se ia la cotul superior al caracteristicii, căci în acest caz sita ar fi pozitivă, ar scurge electroni, și astfel ar amortiza circuitul oscilant.

că în definitiv placa diodei îndeplinește cam aceeași funcțiune în cazul de față, ca și sita triodei, care este tot un electrod nealimentat în înaltă tensiune, așezat în imediata apropiere a catodei.

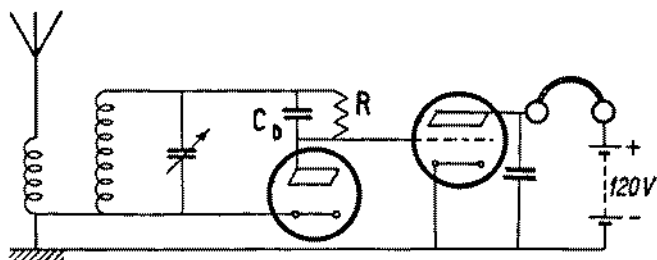


Fig. 134. — Detecție prin diodă și amplificare prin triodă.

Ajungem la montajul din fig. 135. Mecanismul prin care funcționează această detecție de sită este de fapt

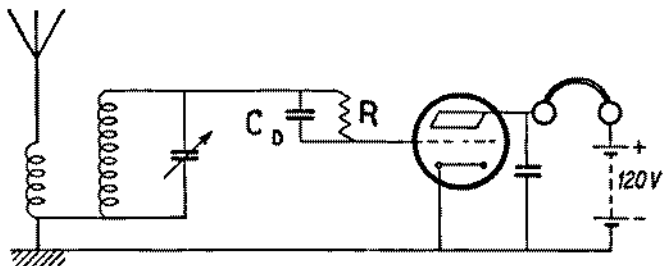


Fig. 135. — Detecția de sită.

identic cu al diodei. Dar trebuie să examinăm funcționarea mai amănunțit și să privim fenomenul într'o lumină puțin diferită pentru a evidenția anumite aspecte.

Să presupunem pentru moment că sita ar fi legată de restul circuitului numai prin condensatorul de detecție C_D (rezistența R fiind suprimată).

La sosirea unei unde întreținute sita devine când pozitivă când negativă schimbându-și polaritatea la fiecare alternanță de înaltă frecvență. Când este pozitivă se încarcă cu electronii care-i atrage, iar când este negativă respinge electronii dar nu poate scurge electronii strânși, căci nu are nicio legătură metalică cu restul circuitului. La alternața următoare iar strânge electronii pe care nu-i mai poate scurge, așa încât devine tot mai negativă. Teoretic, sita devine atât de negativă încât suprimă curentul anodic complet. În practică electronii strânși pe sită tot se scurg încetul cu încetul întrucât izolarea diferitelor piese nu este perfectă.

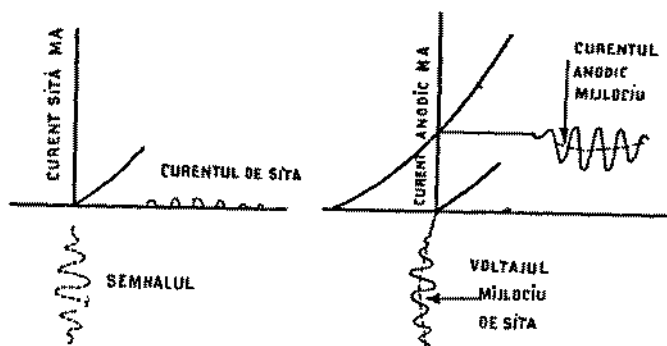


Fig. 136. — Scăderea curentului prin detecția de sită.

Dacă adăugăm acum rezistența R (fig. 135) pe care am omis-o în mod provizoriu vedem că electronii au pe unde să se scurgă, așa încât după încetarea semnalului sita revine la potențialul ei normal. Revenirea este mai înceată când rezistența este mare și rapidă când rezistența este mai mică.

Revenirea se face nu numai în cazul unei unde de înaltă frecvență complet întreruptă, cazul telegrafiei, dar și când unda este modulată, fig. 136. În acest caz rezistența este astfel dimensionată față de condensator, încât revenirea să se poată face în $1/5000$ secundă, timp care corespunde cu semiperioada celei mai înalte frecvențe muzicale.

Fig. 135 arată montajul pentru detecția de sită.

Condensatorul se alege cum am arătat la diodă, destul de mare pentru a trece cu ușurință înalta frecvență și destul de mic pentru a bloca joasa frecvență. Iar rezistența trebuie să permită descărcarea condensatorului ales în aproximativ $1/5000$ secundă.

Valorile a căror determina e exactă se face de obicei experimental, variază după caracteristicile lămpii și după lungimea de undă. R se ia de 1—2, sau 3 megohmi iar C de 100, 200, 300 cm.

Detecția de sită găsește o întrebuințare foarte interesantă la acționarea releelor. În acest caz montajul ia o formă specială, rezistența R se suprimă. Sita fiind astfel deslegată întrerupe curentul anodic la sosirea fiecărui semnal telegrafic și constituie un dispozitiv extrem de sensibil, prin efectul cumulativ al undelor. Această chestiune este tratată mai pe larg în cartea mea intitulată «Telemecanica».

Comparând cele două sisteme de detecție constatăm că detecția de sită este mai sensibilă din cauza efectului ei cumulativ și ca atare mai potrivită pentru semnalele slabe.

Iar detecția de placă este potrivită pentru semnalele mai puternice.

În sfârșit, prin detecția de sită, curentul anodic scade fig. 136, iar prin detecția de placă crește fig. 133.

Detecția de sită dă un curent aproximativ proporțional cu semnalul incident când acesta este slab. Dacă semnalul crește curentul atinge o limită când stă pe loc și după

aceea scade. Aceasta se explică prin faptul că semnalul ajunge în cotul inferior al caracteristicii așa încât apare pe lângă detecția de sită și detecția de placă care tinde să mărească curentul anodic. În cele din urmă acest efect antagonist devine predominant, amplitudinea semnalului rezultat scade.

Din această lipsă de proporționalitate între modulație și semnalul detectat rezultă firește deformarea audiției. Există însă remedii simple: sau se reduce semnalul aplicat, și implicit și debitul lămpii, pierzând astfel din amplificare, — sau se mărește tensiunea anodică pentru a deplasa caracteristica spre stânga, scoțând astfel cotul din calea semnalelor puternice. Dar este evident că în acest caz semnalul trebuie să aibă o amplitudine mare.

Montajul este ca cel din fig. 135 cu singura deosebire că R este mai mic și tensiunea de placă mai mare. Acest sistem de detecție se numește în englezește « power grid detection ».

Detecția prin diodă-triodă. Din cele de mai sus rezultă că deformările cari apar în detecția de sită provin din pro-

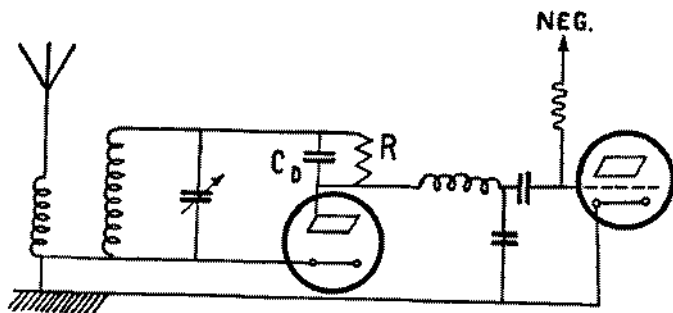


Fig. 137. — Detecție prin diodă triodă. Aceste două lămpi se montează câteodată într'un singur balon.

ducerea unor mari fluctuații de curent de înaltă frecvență în circuitul anodic. Din moment ce detecția se

face pe sită, înalta frecvență nu mai trebuie să ajungă la anodă, iar lampa ar trebui să amplifice numai semnalul redresat (joasă frecvență). Pentru aceasta se separă detecția de amplificare prin atribuirea acestor două funcțiuni, respectiv unei diode și unei triode. Fig. 137 reprezintă această soluție, care diferă complet de soluția din fig. 134 prin faptul că înalta frecvență este filtrată și nu mai poate pătrunde în triodă.

Aceasta este soluția modernă care dă o detecție ne-deformată atât pentru semnalele puternice, cât și pentru modulația adâncă. Se întrebuintează sau două lămpi diferite sau două lămpi montate într'un balon de sticlă, așa zisa diodă-triodă. Dar și această din urmă soluție a fost înlocuită prin dubla diodă-triodă, lampă care redresează ambele alternanțe, una pentru a fi amplificată și auzită iar cealaltă pentru a face reglajul automat de volum.

Detecția prin diodă a contribuit într-o foarte mare măsură la obținerea fidelității aparatelor moderne.

CAPITOLUL XVII

AMPLIFICAREA

Lămpile de radio pot amplifica. Această proprietate a fost arătată la studiul lămpilor, cap. XII. În rezumat am stabilit următoarele:

1. Lampa are un *factor de amplificare*. Acest factor este raportul între variația de voltaj aplicată pe anodă și variația de voltaj aplicată pe sită care produce același efect (aceeași variația de curent anodic).

2. Lampa mai este caracterizată prin *pantă*. Panta exprimă variația curentului anodic în MA pentru fiecare volt aplicat pe sită (în plus sau în minus).

3. Amplificarea utilă a lămpii este dată de formula

$$A = \frac{k RE}{R_E + R_L}$$

în care RE este o rezistență ohmică, fig. 102

sau o rezistență dinamică $\left(R = \frac{L}{CR}\right)$

sau rezistența reflectată de transformatori $\frac{R_2}{n^2}$ (cap. VI)

Diferite tipuri de amplificatori. Plecând dela noțiunile mai mult sau mai puțin teoretice de mai sus, vom cerceta acum amplificarea, variată ca aspect, complexă ca manifestare, de care avem nevoie în aparatele de recepție și de emisie.

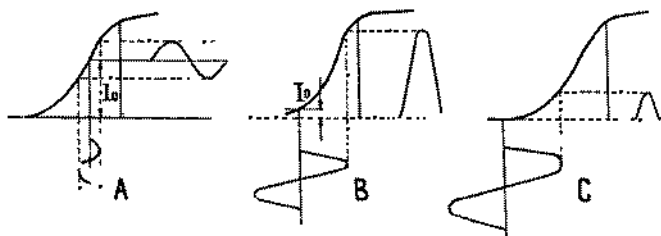


Fig. 138. — Cele trei clase de amplificatori.

Considerați din diferite puncte de vedere, amplificatorii se împarte în mai multe categorii.

Avem întâiu amplificatorii *de tensiune* și *de putere*.

Primii trebuie să producă o cât mai mare variație de tensiune, — care se aplică pe sîta lămpii următoare. Ceilalți trebuie să dea un debit de putere cât mai mare, pentru a alimenta de exemplu un difuzor.

Amplificatorii se mai împart și după poziția punctului de funcționare, în trei tipuri, A, B și C, fig. 138.

Tipul *A*. Cu punctul de funcționare cam la mijlocul porțiunii drepte a caracteristicii. Lucrează numai în limitele acestei porțiuni și sîta nu devine niciodată pozitivă. Amplificatorii tip *A* se întrebuintează ca amplificatori de joasă frecvență și de înaltă frecvență în aparatele de recepție

Tipul *B*. Cu punctul de funcționare în cotul inferior al caracteristicii. Acești amplificatori lucrează de obicei cu două lămpi montate în opoziție, în push-pull fig. 139 — așa încât o lampă amplifică o alternanță iar a doua lampă amplifică cealaltă alternanță, fig. 140.

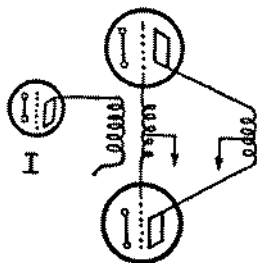


Fig. 139. — Montajul
« Push-pull ».

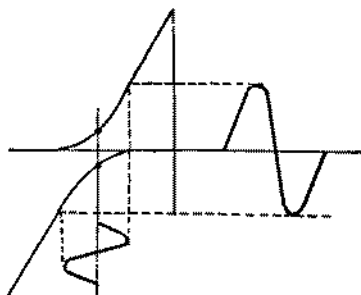


Fig. 140. — Funcționarea în
« Push-pull ».

Prin acest dispozitiv se realizează o mare economie de curent anodic, prin faptul că în lipsa semnalului curentul este aproape zero I_0 , fig. 138 iar mai departe consumația este proporțională cu amplitudinea semnalului. În cazul amplificatorului tip *A*, curentul anodic are întotdeauna o valoare mare I_0 , — atât în lipsa semnalului cât și la primirea semnalului când I_0 oscilează în jurul acestui punct și păstrează aceiași valoare mijlocie fie că semnalul este slab, fie că este puternic.

Tipul *C*. Cu punctul de funcționare dincolo de cotul caracteristicii. Amplifică numai vârfurile sinusoidei și se întrebuințează doar pentru amplificarea înaltei frecvențe în posturile de emisiune.

În sfârșit mai sunt amplificatori de tip intermediar *AB* și *BC*, asupra cărora nu ne vom opri.

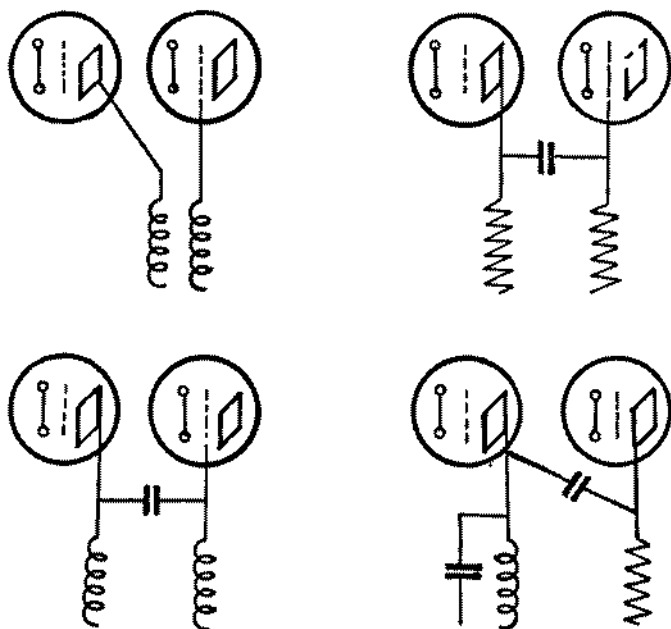


Fig. 141. — Diferite feluri de a cupla lămpile.

Dar amplificatorii se mai pot împărți și după curenții care-i amplifică, astfel avem amplificatori de joasă frecvență (20—10.000 cicli) de medie frecvență, în superheterodine, și de înaltă frecvență, pentru frecvențele radio-electrice.

În sfârșit amplificatorii se mai deosebesc și după cuplajul întrebuințat, fig. 141: transformatori, rezistențe, impedențe, circuite rezonante.¹

Vom face un studiu sumrar al amplificatorilor luând cazul unui aparat de recepție.

Amplificarea în înaltă frecvență

Cel mai simplu mod de cuplare este prin rezistență fig. 142. Semnalul din circuitul oscilant de pe sită de-

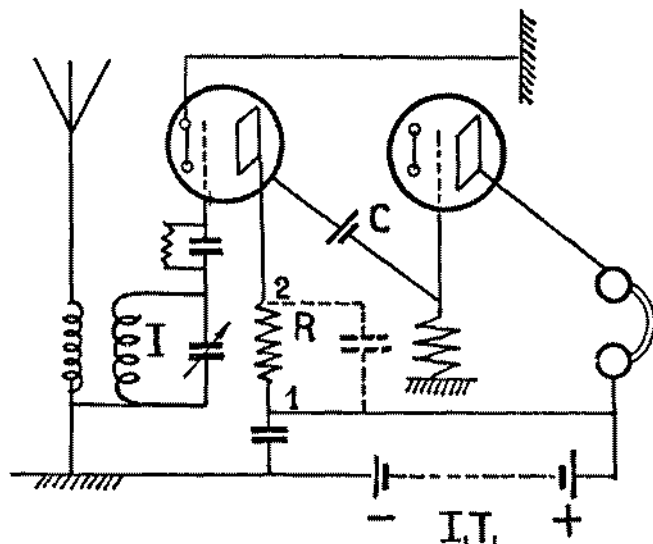


Fig. 142. — Cuplarea lămpilor prin rezistență.

termină o variație de curent anodic, care se manifestă prin variația de potențial ce apare la capetele rezistenței R . Punctul 1, al acestei rezistențe fiind pus la pământ pentru înalta frecvență (prin condensatorul de trecere se transmite potențialul din punctul 2, prin condensatorul

de trecere C Acest condensator îndeplinește și funcțiunea de a feri sita de înalta tensiune a plăcii.

Dacă montajul realizat ar corespunde exact cu această schemă, ar putea funcționa bine. Dar în practică schema se completează în mod inevitabil cu diferite capacități reziduale, parazite, cari deși mici, schimbă complet funcționarea.

Capacitățile produse de elementele lămpii de diferitele piese și sârme de legătură însumează, în practică, vreo $40 \mu\mu F$ cari șuntează rezistența R și reducând astfel la nimica toate fluctuațiile de voltaj din punctul 2.

Intr'adevăr în cazul unei frecvențe de numai 1000 kilocicli, capacitatea de mai sus are o reactanță de vreo 4000 ohmi.

Dar nu numai atât. Fluctuațiile de voltaj de pe placă se transmit prin capacitatea placă-sită, dând naștere unui curent de înaltă frecvență care se scurge la filament prin circuitul oscilant.

Acest curent de înaltă frecvență poate fi în diferite relații de fază, față de curentul inițial:

1. Poate fi în fază și în acest caz îl întărește prin însumare, — când sarcina anodică este inductivă.

2. Poate fi decalat cu 90° și în acest caz nu are nicio influență asupra curentului inițial, — când sarcina anodică este rezistivă.

3. Poate fi în opoziție de fază și în acest caz se opune curentului inițial pe care îl slăbește, îl amortizează, — când sarcina anodică este capacitivă.

În cazul considerat sarcina este mai mult capacitivă, curentul este așa dar în opoziție de fază și amortizarea care se introduce în mod normal poate fi echivalentă cu o rezistență de șuntare de aproximativ 5000 ohmi. Bine înțeles că prin aceasta se reduce foarte mult amplificarea și se turtește curba de rezonanță.

Pentru a înlătura cele două mari neajunsuri ale montajului considerat mai sus, șuntarea rezistenței și amor-

tizarea circuitului oscilant, se înlocuiește rezistența printr'un circuit acordat, fig. 143.

Astfel se utilizează inevitabilele capacități parazite care acum se adaugă la C_2 pentru a obține acordul. Iar rezis-

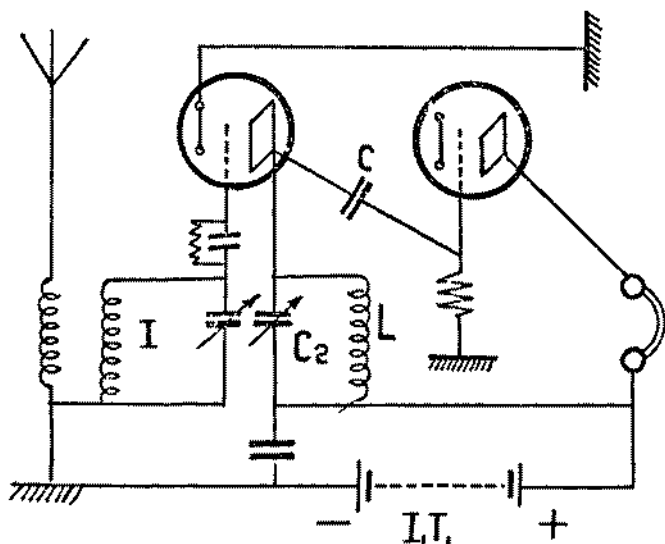


Fig. 143. — Cuplarea lămpilor printr'un circuit acordat.

stența R din fig. 142 este înlocuită în acest caz prin rezistența dinamică a circuitului oscilant, $\frac{L}{CR}$ (cap. IV).

Acest dispozitiv prezintă și alte avantaje: circuitul acordat de pe placă mărește selectivitatea aparatului și pe de altă parte rezistența de curent continuu a bobinei L fiind neglijabilă, putem spune că toată tensiunea anodică a sursei de alimentare ajunge pe placă (numai avem pierderea de tensiune din R , fig. 142).

În sfârșit trebuie să vedem și ce se întâmplă cu amortizarea circuitului *I* pe care am avut-o în cazul precedent.

Această amortizare se datora faptului că sarcina din circuitul anodic era capacitivă. Dacă circuitul acordat pe care-l considerăm acum ar fi perfect acordat s'ar prezenta ca o rezistență ohmică pură de $\frac{L}{CR}$ ohmi și n'ar avea nicio influență asupra circuitului de sită. Practic însă acordul perfect este imposibil, circuitul este sau ca-

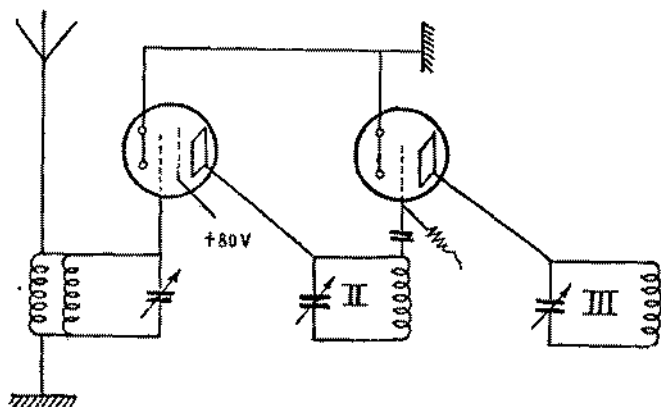


Fig. 144. — Receptor cu pentodă.

pacitiv (*C* prea mare) și frânează circuitul din sită sau inductiv (*C* prea mic) și în acest caz mărește curentul de sită, iar lampa începe să oscileze.

Cu alte cuvinte ajungem într'un regim nestabil.

Avem așa dar sau un circuit desacordat și implicit și o amplificare redusă sau avem un circuit acordat care oscilează în continuu, flueră și este inutilizabil.

Remediul este simplu, se separă sita de placă printr'un blindaj electrostatic întrebuintând adică o lampă cu sită-ecran, — sau de preferință o pentodă fig. 144 ¹⁾.

În concluzie obținem cea mai bună amplificare de voltaj în înaltă frecvență întrebuintând o pentodă cu-plată printr'un circuit acordat.

Amplificarea astfel obținută se calculează prin formula generală dată mai înainte

$$A = \frac{k R}{R_E + R_L}$$

în care

R_E = rezistența dinamică a circuitului oscilant $\frac{L}{C r}$.

R_L = rezistența interioară a lămpii.

k = factorul de amplificare.

Luând pentru R o valoare mijlocie de 100.000 ohmi, obținem cu o lampă obișnuită o amplificare de aproape 200. Cum însă R_L este de obicei mult mai mic decât R_E putem considera amplificarea ca aproximativ egală cu

$$A = \frac{k R_E}{R_E + R_L} \text{ care devine } \frac{k R_E}{R_L} \text{ sau Panta } X R_E$$

Așa dar se va alege o lampă cu sită ecran având o pantă cât mai mare (factorul de amplificare nu interesează) și se va construi un circuit oscilant cu o rezistență dinamică $\frac{L}{C R}$ cât mai mare.

Dar și lampa cu sită ecran poate să oscileze în anumite condițiuni, anume când

$$(\text{panta}) \omega C_{SP} R_1 R_2 < 2$$

¹⁾ Cuplajul capacitiv s'ar fi putut evita prin «neutrodinare», adică prin adăugarea unui alt cuplaj capacitiv egal și de sens opus.

În care R_1 și R_2 sunt rezistențele dinamice ale celor două circuite acordate, C_{SP} capacitatea sită-placă care poate fi luată ca $0,005 \omega F$.

Din formulă se vede că amplificarea ce se poate obține în limitele de stabilitate scade cu frecvența.

Când se cuplează două lămpi cu sită-ecran, au o tendință și mai pronunțată de a oscila prin faptul că circuitul II al lămpii I este și pe sita lămpii II și astfel primește curent prin reacția dela circuitul III. I se reduce așa dar rezistența dinamică iar condiția de stabilitate de mai sus riscă să nu mai fie satisfăcută.

Acest neajuns se poate înlătura printr'un cuplaj inductiv între cele două lămpi, cu primarul dezacordat și secundarul acordat. Raportul de transformare se determină de obicei experimental.

Amplificarea în joasă frecvență

Distingem două cazuri:

1. Amplificarea de tensiune (care se face după detecție și înainte de lampa finală), și
2. Amplificarea de putere, produsă de lampa finală pentru alimentarea difuzorului.

Amplificarea de tensiune se bazează pe formulele stabilite anterior.

Cuplajul se face sau *prin rezistență* (capacitățile parazite nu mai stingheresc funcționarea montajului întrucât la frecvențele joase reactanța lor este foarte mare) sau *prin transformatori*.

Este evident că nu se poate întrebuița cuplajul prin circuit acordat căci nu se amplifică o singură frecvență și pe o întreagă gamă (cam dela 30—10.000).

Cuplajul prin rezistență dă o amplificare uniformă dar relativ mică, pe când cuplajul prin transformatori dă o amplificare mai mare (din cauza raportului de transformare și a tensiunii mai ridicate care ajunge la anodă)

și dacă este bine construit nu deformează în mod apreciabil.

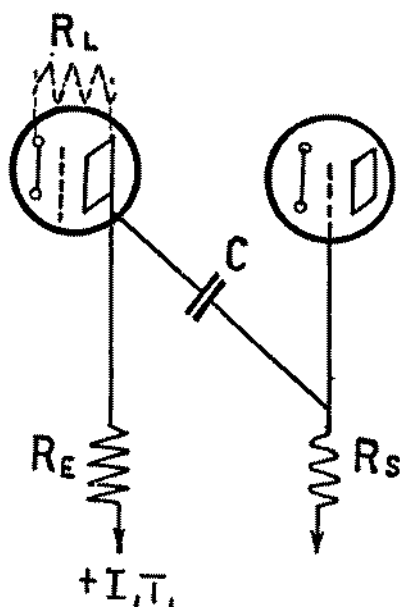


Fig. 145. — Cuplaj prin rezistență pentru joasă frecvență.

Să vedem cum se determină valorile pentru cuplajul prin rezistență, fig. 145.

Amplificarea este dată de

$$A = \frac{k R_E}{R_E + R_L}$$

Avem așa dar tot interesul ca rezistența exterioară să fie cât mai mare. Dar măbind-o prea mult reducem tensiunea disponibilă la placă și astfel pierdem din am-

plificare precum se poate vedea în fig. 103. Se stabilește un compromis luând de obicei rezistența exterioară egală cu de două ori rezistența interioară a lămpii.

Condensatorul C îndeplinește dubla funcțiune de a izola sîta de înalta tensiune a plăcii și de a trece semnalele dela placă la sîtă. S'ar părea că acest condensator trebuie să fie cât mai mare pentru a permite o trecere cât mai ușoară a semnalelor. Dar condensatorul nu este izolat căci trebuie să fie legat de rezistența de sîtă RS (care servește la scurgerea electronilor ce se îngrămădesc pe sîtă; fără ea sîta ar deveni prea negativă și ar paraliza lampa). Condensatorul C poate urma fluctuații de frecvențe cu atît mai ridicate cu cît produsul $C \times RS$ este mai mic. Deci acest produs trebuie redus. Dar RS șuntează rezistența de cuplaj și ca atare RS nu se poate face prea mic căci reduce semnalul.

R are de obicei valori cuprinse între 0,25—1 megohmi, iar C are cel mult 0,1 μF .

În concluzie, amplificarea ce se obține cuplând prin rezistență depinde în primul rînd de factorul de amplificare al lămpii. Acesta trebuie să fie cât mai mare.

De notat că în montajul de mai sus se poate înlocui rezistența de cuplare printr'o bobină de șoc cu fier. Această piesă este mai scumpă, mai voluminoasă, dar absoarbe mai puțină tensiune anodică decît rezistența.

Cuplarea prin transformatori, fig. 146. Aci trebuiesc precizate două date mai importante, numărul de spire și raportul de transformare.

Numărul de spire din primar trebuie să fie atît de mare încît să aibă o reactanță care să depășească cu mult rezistența interioară a lămpii, — chiar și pentru frecvențele cele mai joase. Numai astfel se pot păstra aceste frecvențe precum se vede imediat din schema echivalentă fig. 146 precum și din următorul exemplu numeric.

Să se determine inductanța L_P ca notele cele mai joase, de 16 cicli pe secundă, să fie reduse numai la 70%

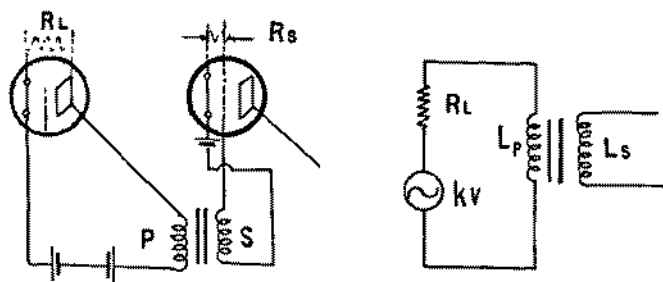


Fig. 146. — Cuplaj prin transformator pentru joasă frecvență.

din amplificarea teoretică maximă. Rezistența interioară a lămpii este de 10.000 ohmi.

Avem amplificarea teoretică maximă egală cu $kV_{\bar{S}}$ și

$$\frac{\text{reactanța } L_P}{\text{reactanța rezultantă } (R_P + R_L)} = \frac{\omega L_P}{\sqrt{R_L^2 + (\omega L_L)^2}} = \frac{70}{100}$$

Înlocuind cu valorile date mai sus, găsim

$$L_P = 100 \text{ henry.}$$

De fapt, constructorii de aparate nu sunt atât de exigenți. Inductanța primarului nu are de obicei mai mult de 20,30 sau 40 henry.

Cum acest bobinaj primar trebuie să ducă și curentul anodic, grosimea firului nu poate fi redusă sub o anumită limită, iar transformatorul devine voluminos.

Dar alimentarea anodică se poate face și printr'o bobină de șoc separată și în acest caz se reduc dimensiunile transformatorului.

Raportul de transformare se deduce din formula

$$\frac{R_S}{R_P} = n^2.$$

Avem în circuitul primar rezistența interioară a lămpii R_L plus rezistența reflectată de transformator. Aceasta este egală cu rezistența secundarului R_S împărțită cu n^2 , n fiind raportul de transformare. Rezistența secundarului este rezistența filament-sită a lămpii a doua care are aproximativ 1.000.000 ohmi.

Se obține un raport de transformare care variază de obicei între 3 și 5.

Amplificarea de voltaj obținută prin transformator se poate deduce din schema echivalentă reprezentată în fig. 146.

Voltajul V_P disponibil la bornele primarului este în același raport față de voltajul total kV , ca rezistența reflectată $\frac{R_S}{n^2}$ față de rezistența întregului circuit. Adică

$$\frac{V_P}{kV} = \frac{\frac{R_S}{n^2}}{R_L + \frac{R_S}{n^2}} = \frac{R_S}{R_L n^2 + R_S}$$

sau

$$V_P = \frac{kV R_S}{R_L n^2 + R_S}$$

dar pe sita lămpii a doua avem un voltaj de $n V_P$, « n » fiind raportul transformatorului.

Inmulțind relația (1) cu « $n k$ » obținem expresia amplificării de voltaj

$$\frac{n V_P}{V} = \frac{n k R_S}{R_L n^2 + R_S}.$$

De aci rezultă că amplificarea de voltaj depinde de k , și de R_S , și că amplificarea limită e de nk .

Prin urmare prima lampă trebuie să aibe un factor de amplificare mare, iar a doua lampă trebuie să aibe o rezistență mare între sită și catodă. Este bine înțeles de dorit ca și această lampă să amplifice cât mai mult.

E. interesant de relevat că în cazul cuplajului prin transformatori se poate obține o amplificare *utilă* mai mare decât factorul de amplificare.

Construcția transformatorilor de joasă frecvență este destul de dificilă, căci trebuiesc să lucreze pe o gamă de frecvență foarte întinsă (30 — 5000 cel puțin) și să le amplifice uniform.

Pentru a reduce dimensiunile transformatorilor de joasă frecvență se poate modifica montajul în așa fel ca alimentarea anodică să se facă pe altă cale printr'o bobină de șoc. În acest caz primarul transformatorului rămâne numai purtător de semnal.

Amplificarea de putere

Ultima lampă a unui aparat de recepție alimentează difuzorul și ca atare trebuie să debiteze cât mai multă energie.

Pentru aceasta trebuiesc determinați doi factori: sarcina optimă și punctul de funcționare (negativarea sitei).

Să exprimăm întâi puterea disponibilă pe sarcină întrebuintând formulele stabilite anterior.

Amplificarea de voltaj este dată precum am văzut de formula.

$$\frac{k R_E}{R_E + R_L} \quad (I)$$

iar intensitatea curentului în sarcină este

$$I = \frac{E}{R} = \frac{\frac{k R_E}{R_E + R_L}}{R_E} \quad (II)$$

Aşa dar produsul acestor două expresii ne dă puterea disponibilă pe sarcină, exprimată în wați, căci $V \times I = W$, pentru o variație de potențial de 1 volt pe sită.

Avem

$$\frac{k R_E}{R_E + R_L} \times \frac{\frac{k R_E}{R_E + R_L}}{R_E} = \frac{k^2 R_E}{(R_E + R_L)^2}.$$

Prin diferențiere găsim că această expresie are o valoare maximă când

$$R_E = R_L$$

Aşa dar sarcina trebuie să fie egală cu rezistența interioară a lămpii conform legii generale enunțată în capitolul VII.

Sarcina astfel găsită este reprezentată printr'o dreaptă, fig. 147 a cărei înclinație reprezintă rezistența sarcinei,

în cazul de față $\frac{300 \text{ V}}{20 \text{ MA}} = 15.000 \text{ ohmi}.$

Punctul de plecare al acestei drepte este la tensiunea maximă ce se poate admite pe lampă, în cazul considerat 240 V.

Și acum putem răspunde și la a doua parte a problemei, determinând punctul de funcționare. Acesta va fi la mijlocul dreptei AC, adică B.

Dacă verificăm însă această concluzie vedem că nu poate fi acceptată fiindcă lampa ar produce grave distorsiuni.

1. Fiindcă oscilația trece de curba O, ceea ce înseamnă că intrăm în zona în care sita este pozitivă și că prin urmare va absorbi curent.

2. O anumită fluctuație de tensiune pe sită nu produce aceeași fluctuație de curent anodic în alternanța pozitivă și negativă. Astfel dacă în figura 147 potențialul sitei crește cu 6 V ajungând în punctul *C*, curentul anodic crește cu 10 MA și când potențialul sitei scade tot cu 6 V (punctul *D*), curentul anodic scade numai cu 7 MA.

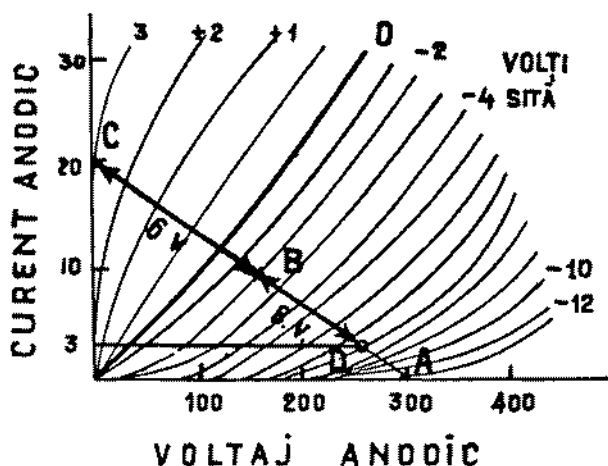


Fig. 147. — Amplificarea de putere cu o triodă.

Un studiu teoretic mai aprofundat arată și practica adevărește că sarcina optimă pentru triode este de două ori rezistența interioară a lămpii. Pentru lămpile cu 4 și 5 electrozi nu există o relație atât de simplă. La pentode se poate aplica cu oarecare aproximație relația

$$\text{Rezistența sarcinei} = \frac{\text{voltaaj anodic}}{\text{curent anodic}}.$$

Sarcina se reprezintă tot ca mai sus, printr'o dreaptă a cărei înclinație exprimă rezistența fig. 148, iar punctul de plecare este tensiunea maximă admisă de lampă.

Punctul de funcționare F va trebui să fie la mijlocul dreptei AC , C fiind hotarul dincolo de care sîta devine pozitivă — zona interzisă pentru amplificare.

Dacă în felul acesta am eliminat deformarea datorită curentului de sîtă, să vedem cum rămîne cu deformarea cealaltă dela punctul 2 care rezultă din asime-

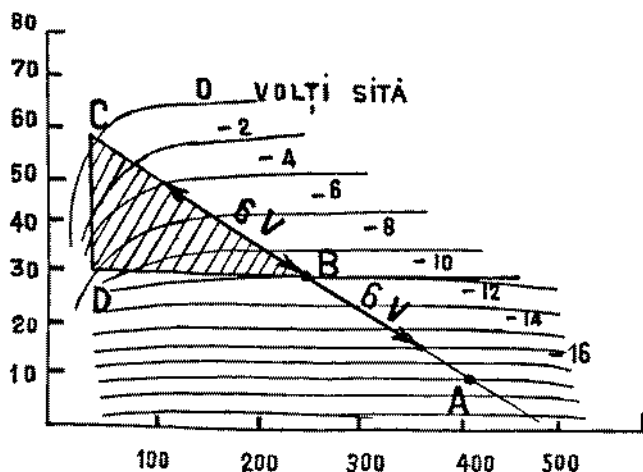


Fig. 148. — Amplificarea de putere cu o pentodă.

tria curentului produs de o oscilație de tensiune simetrică.

Să considerăm o fluctuație de 6 volți. Aceasta produce variații de 20 MA în plus și 12 MA în minus. Avem adică o deformare. Dar dacă deformarea este mai mică de 5% poate fi tolerată întrucât urechea nu o percepe. Această deformare corespunde cu fluctuații care variază în raportul de 9 la 11.

Trebuie să calculăm acum puterea disponibilă în cazul considerat mai sus. Aceasta va fi egală cu

$$I \text{ eficace} \times V \text{ eficace} = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}} \times \frac{V_{MAX}}{\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{I_{MAX} \times V_{MAX}}{2} \text{ WATI}$$

adică suprefața triunghiului BCD .

În concluzie determinarea condițiilor de funcționare este o problemă complexă. Relația dată mai sus pentru sarcina optimă (egală cu de două ori rezistența lămpii) este o primă aproximație și se referă numai la triode. Și pentru a obține puterea maximă cu o deformare de 5%, punctul de funcționare nu mai trebuie să fie în mijlocul dreptei AC , fig. 147 și 148. Sarcina și punctul de funcționare se pot determina așa dar printr'o serie de încercări succesive, dar aceste date se dau întotdeauna de fabricantul lămpii.

Pentoda, ca lămpă finală este superioară triodei prin faptul că dă o amplificare mai mare și are un randament anodic mai bun. Dar introduce mai multe armonici ca trioda și ca atare dă o reproducere mai puțin fidelă. Armonicile introduse de pentodă sunt de ordinul II și mai ales de ordinul III.

Amplificare de putere clasa B

Fig. 139 și 140 reprezintă montajul push-pull în care se întrebuințează două lămpi montate în opoziție de fază, cari amplifică fiecare în clasa B . Cu alte cuvinte alternanțele pozitive sunt amplificate de o lămpă și alternanțele negative sunt amplificate de lămpa cealaltă.

Aceste amplificări se continuă, «se înnădesc», precum se poate vedea în fig. 140.

Sistemul acesta prezintă o serie de avantaje:

1. Consumația curentului anodic, este aproape zero în pauză, căci în acest caz punctul de funcționare se află

în cotul inferior al caracteristicilor celor două lămpi, — și consumația este proporțională cu intensitatea semnalelor.

2. Lampa se încălzește mai puțin, poate suporta tensiuni anodice mai mari.

3. Transformatorul 1 din fig. 139 poate fi mic, căci magnetizarea se produce numai de seninal nu și de curentul anodic al cărui efect se anulează prin ramificația sa în cele două bobinaje de sens invers.

4. Perturbațiile cari vin pe alimentarea de înaltă tensiune sunt anulate (inducții parazite, sgomot de sector, etc.).

5. Deformațiile cari rezultă din armonicile de gradul II produse de o lampă se anulează prin deformări egale și de sens contrar produse de lampa cealaltă. Așa dar amplificarea poate fi împinsă mult mai departe, cu alte cuvinte se obțin semnale mai puternice cu o lampă fără a introduce deformări.

Armonicile de gradul 3 nu se anulează, dar sunt mult mai puțin importante decât cele de gradul 2.

Puterea disponibilă la eșire pentru fiecare volt pe sită este

$$\left(\frac{2k}{2R_L + R_E} \right)^2 R_E$$

expresie care reprezintă o amplificare mai mare decât am arătat mai sus pentru o lampă.

La aceasta se mai adaugă faptul că putem aplica flutuații de voltaj mult mai mari în cazul push-pull, precum am arătat mai sus.

Montajul de mai sus prezintă o serie de variante.

Avem mai întâi soluția considerată aci, cu două triode. Dar în loc de triode se pot întrebuința pentode; astfel se obține cea mai mare amplificare și cel mai mare randament, care poate atinge valoarea de 78,5%.

Pentru a mări randamentul triodelor, ele pot fi întrebuințate într'o zonă mai întinsă, până în regiunea pozi-

tivă a sitelor. Se poate admite adică, apariția curentului de sită. În acest caz însă, lampa precedentă (*I* fig. 139) devine o amplificatoare de putere și transformatorul *T* trebuie să satisfacă o serie de dezidrate (trebuie să coabore tensiunea, trebuie să aibă o impedanță foarte redusă în secundar, etc.) deși randamentul acestui sistem este foarte bun, totuși soluția cu două pentode, fără curent de sită, este superioară.

Lămpile întrebuițate pentru amplificarea în clasa *B*, în push-pull, se montează de obicei într'un singur balon de sticlă, și sunt triode duble, sau pentode duble.

CAPITOLUL XVIII

OSCILAȚIA

Proprietatea lămpilor de a produce oscilații este a treia funcțiune fundamentală, după detecție și amplificare.

Producerea oscilațiilor este de fapt urmarea imediată a facultății lor de a amplifica.

Mecanismul întreținerii oscilațiilor

Mecanismul prin care se produc și se întrețin oscilațiile într'o lampă este același pe care-l avem la ceasuri, la mașini cu aburi, și alte dispozitive mecanice.

În definitiv, pentru a întreține oscilația trebuie să avem o sursă de energie care să fie închisă și deschisă periodic printr'un element de comandă legat de un sistem oscilant.

Un ceas are ca sursă de energie un arc, are ca element de comandă eșapamentul care liberează în mod periodic energia înmagazinată de arc, iar eșapamentul este legat de sistemul oscilant care este format din pendul sau balansor.

În cazul lămpii de radio, sursa de energie este bateria anodică, iar debitul ei este comandat de sită care acționează întrucâtva ca un întreruptor, legat de circuitul

electric oscilant (format din capacitate și inductanță). După valorile ce se atribue circuitului oscilant se pot obține aproape orice frecvențe.

Oscilațiile considerate aci se întrețin în mod automat precum am văzut mai sus, dar și pornesc singure.

Intr'adevăr dacă se produce un curent cât de slab

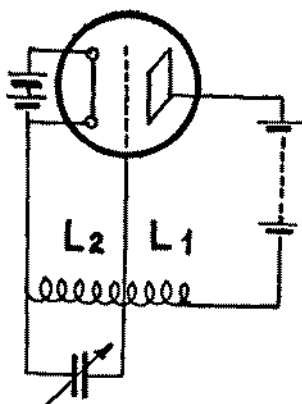


Fig. 149. — Lampă oscilatoare.

în circuitul oscilant (prin inducție, prin aprinderea lămpii, etc.), curentul acesta determină un curent de intensitate mai mare în circuitul anodic care reacționează la rândul său asupra sitei în care produce un curent mai mare decât cel inițial ș.a.m.d. Prin urmare se produce o reacție între sită și placă, așa încât amplitudinea oscilațiilor crește foarte repede (într'o infimă fracție de secundă) până ajunge la limita determinată de caracteristica lămpii și de tensiunea de alimentare. Astfel

se ajunge la regimul stabil de oscilație.

Există nenumărate montaje pentru producerea oscilațiilor cu lămpile de radio. În fond trebuie să avem întotdeauna un circuit oscilant, care este legat fie de sită fie de placă, sau și de sită și de placă în același timp. În al doilea rând avem întotdeauna o legătură (de obicei inductivă) între sită și placă, spre a trece energia necesară pentru comutare, de la placă la sită. Astfel curentul de placă schimbă potențialul sitei în momentul potrivit, după cum pistonul unei mașini cu aburi deplasează sertărașul atunci când ajunge la sfârșitul cursei schimbând admisiunea aburilor.

Fig. 149 reprezintă montajul întrebuintă de obicei pentru întreținerea oscilațiilor. Aci ne interesează trei lucruri.

1. Condițiile necesare pentru întreținerea oscilațiilor.
2. Obținerea puterii maxime.
3. Obținerea randamentului maxim.

Pentru a întreține oscilațiile trebuiesc satisfăcute două condițiuni:

- a) Impulsurile să fie în sensul potrivit, — adică să

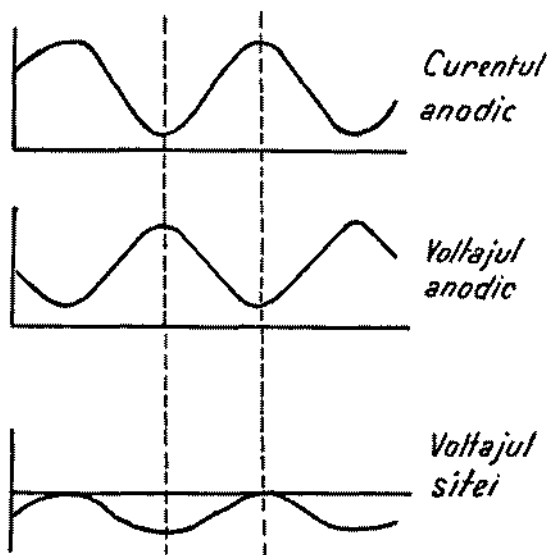


Fig. 150. — Relația de fază între potențialul sitei, anodei și curentul anodic.

ajute oscilațiile, să nu le frâneze.

- b) Impulsurile transmise dela placă la sită să fie destul de puternice.

Fig. 150 reprezintă relația de fază între potențialul sitei, potențialul anodic și curentul anodic. Se vede că

pentru a întreține oscilațiile cuplajul trebuie făcut în așa fel ca să avem în aceeași clipă maximum de curent anodic cu maximum de tensiune de sită. Aceasta corespunde cu un anumit sens al bobinei L_1 față de L_2 . Anume, sensul trebuie să fie invers, adică curentul care vine dela placă trebuie să circule în sens invers față de curentul care vine dela sită. Cu alte cuvinte, L_1 trebuie să fie bobinat în continuare cu L_2 .

Condițiile necesare pentru întreținerea oscilațiilor

Spre a examina acum relația necesară pentru întreținerea oscilațiilor vom simplifica problema admițând că oscilațiile au o amplitudine mică, că lampa are caracteristici drepte și în sfârșit că impedanța bobinei L_1 este mică față de rezistența interioară a lămpii.

Curentul alternativ de placă este

$$I_{PLACA} = \frac{k V}{R_L}$$

în care V e voltajul alternativ aplicat pe sită, k factorul de amplificare.

Iar voltajul indus în circuitul sitei e

$$I_{PLACA} M \omega = \frac{k V M \omega}{R_L}$$

M = cuplajul.

Și curentul produs de acest voltaj prin rezistența r a circuitului oscilant e

$$I = \frac{k V M \omega}{r R_L}.$$

Inmulțind acest curent cu ωL_2 sau $\frac{1}{C \omega}$ (aceste valori trebuie să fie egale pentru frecvența de rezonanță) găsim tensiunea produsă pe sită prin reacție (căci $I R = E$)

Avem așa dar

$$V' = \frac{k V M}{r R_L C} \quad (1)$$

în care V' e tensiunea produsă pe sită prin reacție.
Lampa oscilează dacă

$$V' > V$$

Dar

$$\frac{V'}{V} = \frac{k M}{r R_L C} \quad (\text{împărțind relația (1) cu } V).$$

Așa dar, lampa oscilează dacă

$$k M > r R_L C.$$

Prin urmare dacă lampa nu oscilează trebuie să mărim pe M sau să micșorăm pe r , R_L sau pe C .

În cazul montajului din fig. 151 care se întrebuințează de obicei la emisiune, lucrurile se prezintă puțin diferit.

Dăm numai rezultatele.

Circuitul oscilant $L_1 C$ considerat izolat, fără lampă, are o rezistență r , dar în montajul arătat rezistența se mărește cu

$$\frac{L_1 + k M}{C R_L} \text{ devenind}$$

$$r + \frac{L_1 + k M}{C R_L}$$

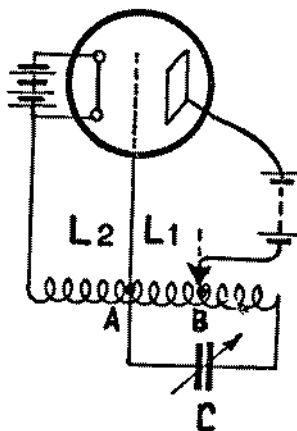


Fig. 151. — Un montaj obișnuit de emisiune.

Toate valorile din această expresie sunt pozitive, afară de M care poate fi și negativ. Dacă M este pozitiv re-

zistența circuitului oscilant este mărită, circuitul este amortizat. Dacă M este negativ, rezistența circuitului oscilant scade, putând ajunge la zero și chiar dincolo de zero, când lampa începe să oscileze. Avem în acest caz o *rezistență negativă*.

Așa dar condiția de oscilație este

$$r < \frac{L_1 + kM}{CR_L}$$

sau

$$M \geq -\frac{CR_L}{k} \left(r + \frac{L_1}{CR_L} \right).$$

De notat că și în prima expresie (pentru fig. 149) am găsit aceleași condițiuni generale.

Când ultima relație este satisfăcută, oscilațiile iau naștere și cresc până la amplitudinea limită determinată de caracteristicile lămpii și sursele de alimientare.

Frecvența este

$$F = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{r + R_L}{R_L} \frac{1}{L_1 C}}.$$

Cu în însă termenul

$$\frac{r + R_L}{R_L}$$

este mic și în mod normal neglijabil, avem

$$F = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_1 C}} \quad (\text{formula lui Thomson}).$$

Puterea maximă

Pentru a obține puterea maximă în circuitul oscilant, sarcina — adică impedanța circuitului oscilant, — trebuie să fie egală cu rezistența interioară a lămpii ca și în cazul

amplificării (cap. XVII). Or, sarcina este rezistența dinamică a circuitului oscilant $R_{\text{dinaric}} = \frac{L}{CR}$ ¹⁾ Cum însă este greu de a varia raportul $\frac{L}{C}$ pentru a obține valoarea cerută, se recurge la o altă soluție mult mai simplă, priza mobilă din fig. 151. Sarcina devine în acest caz

$$\frac{\omega^2 L^2 I}{R}$$

în care LI este inductanța cuprinsă între A și B fig. 151. Prin acest artificiu se obține sarcina dorită fără a dezacorda circuitul oscilant și fără a schimba raportul $\frac{L}{C}$. Este de notat că în practică sarcina optimă este ceva mai mică decât rezistența interioară a lămpii.

În al doilea rând trebuie potrivită și negativarea sitei în așa fel ca să cadă în mijlocul porțiunii drepte a caracteristicii. Negativarea sitei se poate face cu o baterie de negativare sau cu un potențiometru, dar se preferă condensatorul șuntat, fig. 152. Rezistența este astfel dimensionată încât stăvilește scurgerea electronilor tocmai cât trebuie, pentru a obține negativarea corectă pe sită; iar condensatorul servește ca punte de trecere pentru înalta frecvență.

În sfârșit mai trebuie reglat și al treilea element, cuplajul între circuitul de sită și de placă. Acest cuplaj nu trebuie să fie nici prea strâns dar nici prea larg.

¹⁾ RL = rezistența circuitului oscilant rezistența în înaltă frecvență). R dinamic trebuie să cuprindă și rezistența reflectată dacă circuitul considerat este cuplat de un alt circuit, de exemplu circuitul antenă-pământ. Rezistența reflectată e egală cu $\frac{\omega^2 M^2}{R_2}$ în care R_2 e rezistența circuitului cuplat. Rezistența reflectată se adună la rezistența circuitului considerat.

Puterea maximă ce se poate obține este de 50% din alimentarea maximă. Aceasta înseamnă că jumătatea din energia anodică este absorbită de lampă (încălzind placa),

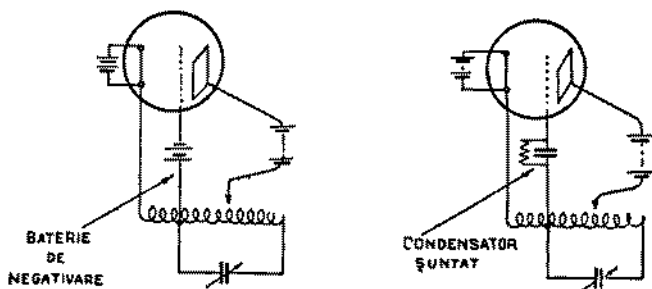


Fig. 152. — Negativarea sitelor.

iar jumătatea cealaltă este transformată în curent alternativ.

Randamentul maxim

Acesta poate depăși 50% putând atinge chiar 80—90%. Prin randament înțelegem raportul între puterea din circuitul oscilant I^2R și puterea de alimentare anodică IV (adică produsul între curentul anodic și voltajul anodic). De exemplu o lampă de putere de 7 wați ($I^2R = 7,5$) alimentată la 350 V cu 0,06 A are un randament de

$$\frac{7,5}{0,06 \times 350} = 0,357 \text{ adică } 35,7\%.$$

De notat că în calculul randamentului nu intră consumația de filament ci numai consumația anodică.

Când căutăm să obținem randamentul maxim, alimentarea anodică scade, așa încât deși ajungem la un randament de peste 80% față de 50% cât aveam înainte, energia din circuitul oscilant este mai mică decât în acest din urmă caz.

Mărirea randamentului se obține prin deplasarea punctului de funcționare spre stânga, adică prin negativarea sitei. În acest caz se poate spune că sita devine un co-

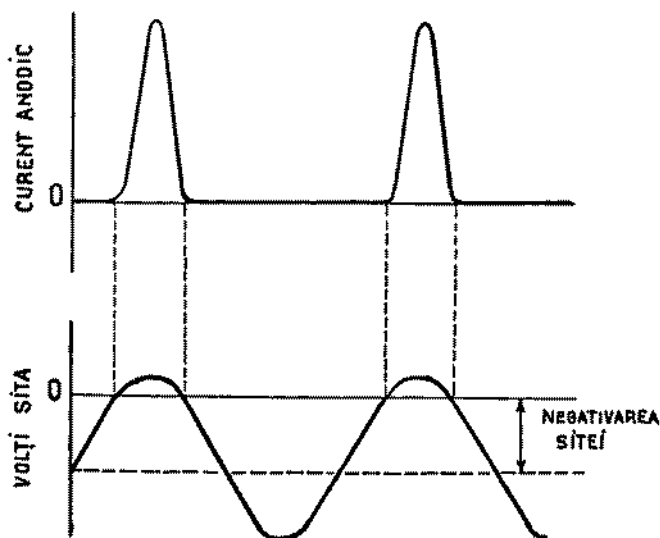


Fig. 153. — Forma oscilațiilor de mare randament.

mutator care stabilește și întrerupe curentul anodic în mod brusc. Precum se vede în fig. 153, forma curentului oscilant se depărtează de sinusoidă și astfel apar armonici.

Posturile mici de emisiune lucrează de obicei cu maximum de putere, iar posturile mari de emisiune cu maximum de randament. În acest caz se montează pe antenă un alt circuit oscilant care produce un curent sinusoidal și astfel elimină armoniciile.

PARTEA A V-a

R E C E P Ț I A

CAPITOLUL XIX.

MONTAJELE IN GENERAL

Montaje cu o lampă, reacția

Ajunși aci suntem în posesia elementelor necesare pentru a construi un aparat de recepție.

Să considerăm întâiu un aparat cu o lampă, fig. 154.

Avem în primul rând transformatorul de înaltă frecvență al antenei. Putem considera pentru moment cuplajul strâns, secundarul acordat. Numărul de spire al secundarului este stabilit de gama pe care vrem să o acoperim și de condensatorul de acord.

Rămâne să determinăm numărul de spire al primarului.

Pentru aceasta aplicăm relația din Cap. VI, $n^2 = \frac{R_2}{R_1}$

în care „n” e raportul de transformare iar R, și R_2 , rezistența primului și a secundarului.

Dar în cazul de față nu ne interesează numai transferul de putere ci ne interesează și selectivitatea.

După cum rezistența din secundar se reflectă în primar, tot astfel și rezistența din primar se reflectă în secundar. Cu alte cuvinte rezistența circuitului de antenă R, apare în circuitul oscilant înmulțită cu n^2 , adică $n^2 R_1$. Dar apariția unei rezistențe în circuitul oscilant turtește curba de rezonanță. Rezistența reflectată în secun-

dar apare în paralel pe circuitul oscilant și ca atare trebuie să fie cât mai mare. Deci trebuie să mărim raportul de transformare. Și cum am considerat secundarul

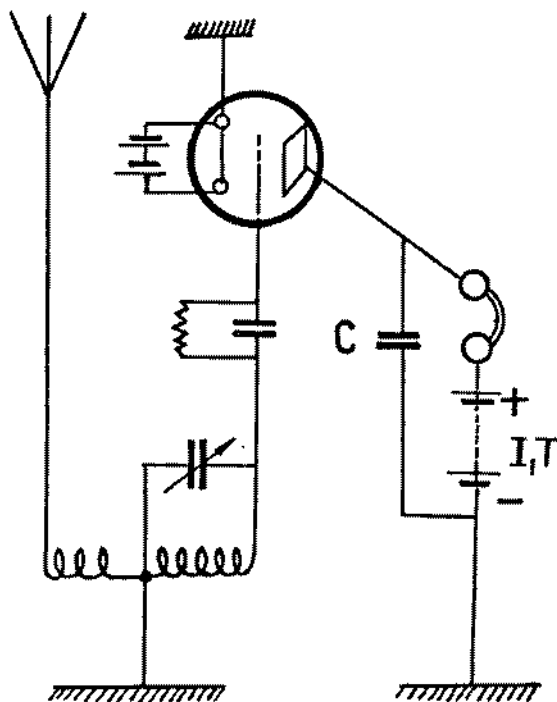


Fig. 154. — Un receptor cu o lampă.

fix, trebuie să reducem numărul de spire din primar, adică din circuitul antenei.

În concluzie, se va stabili un compromis sacrificând puțin din intensitatea semnalului pentru a mări selectivitatea. Raportul de transformare care se ia de obicei este cam de 1—3.

Lampa primește așa dar semnalele de înaltă frecvență pe sită, le detectează prin condensatorul șuntat și alimentează casca.

Condensatorul de trecere C , scurt-circuitează voltajul de înaltă frecvență ce apare pe anodă prin efectul amplificator al lămpii. Fără această scurt circuitare s'ar produce o scurgere, prin capacitatea placă-sită dând naștere unui curent nou, care ar produce o puternică amortizare a circuitului oscilant.

Reacția Sensibilitatea și selectivitatea montajului considerat se poate mări mult prin introducerea reacției, fig. 155.

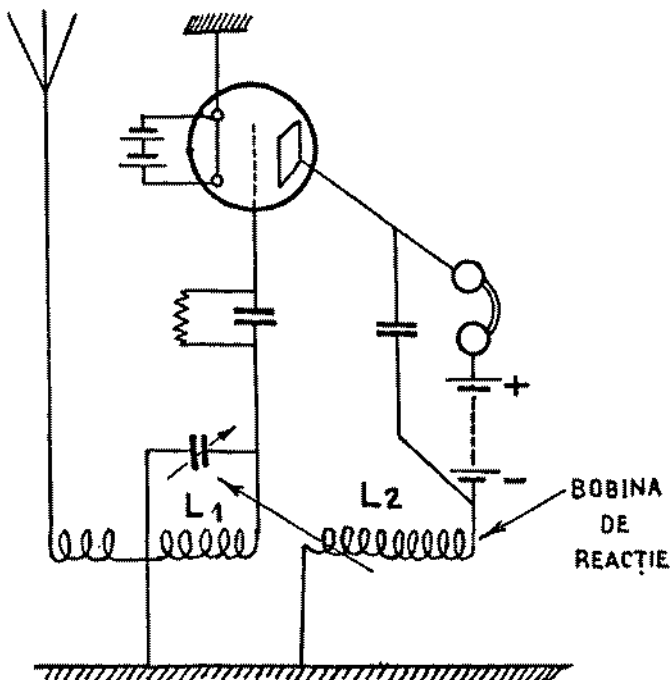


Fig. 155. — Receptor ou reacție, reglaj inductiv.

Semnalul de înaltă frecvență amplificat din circuitul anodic este readus în circuitul oscilant prin cuplajul inductiv L_2, L_1 și astfel întărește semnalul inițial.

Am văzut la studiul oscilației că prin reacția aceasta între circuitul anodic și circuitul de sită, se reduce rezistența ohmică a circuitului oscilant, și dacă rezistența scade sub zero, lampa începe să oscileze.

În cazul de față însă, ne interesează numai reducerea rezistenței până în apropierea lui zero, — nu dincolo de zero. Este evident că prin micșorarea rezistenței se mărește atât intensitatea semnalului cât și selectivitatea.

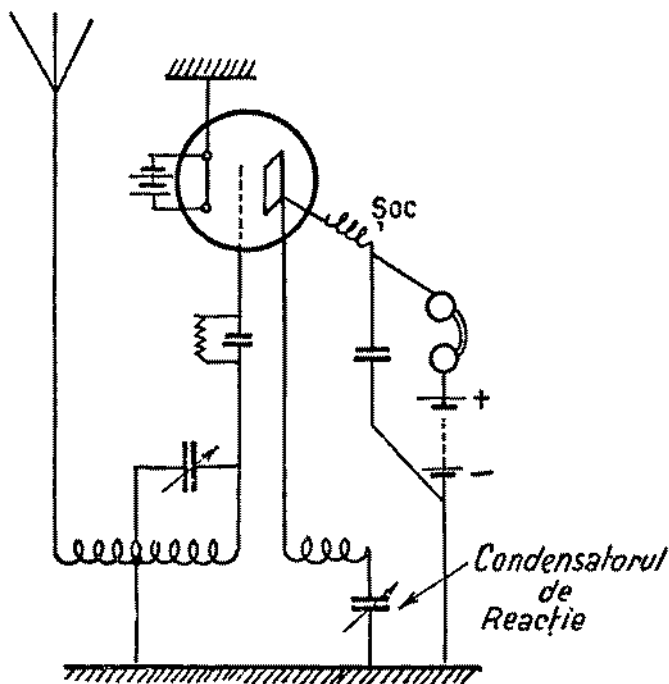


Fig. 156. — Receptor cu reacție, reglaj capacitiv.

Micșorarea rezistenței se reglează prin apropierea bobinelor L_2 , L_1 . Acest reglaj este destul de precis și se schimbă cu lungimea de undă, adică un reglaj potrivit pentru o undă de 300 m, de exemplu, va fi insuficient pentru o undă de 400 m. și mai mult decât suficient pentru o undă de 250 m. în sensul că pe această frecvență cuplajul considerat întreține oscilații continue.

Reacția se poate realiza fie pe cale inductivă precum am văzut mai sus, fie pe cale capacitivă, fig. 156 iar reglajul reacției se face de asemenea în mai multe feluri, fie prin deplasarea unei bobine, fie de obicei prin manevrarea unui condensator, fig. 156. Schimbând capacitatea și implicit reactanța condensatorului, acesta lasă să treacă mai mult sau mai puțin curent de înaltă frecvență prin bobina de reacție și produce astfel reacția dorită.

În practica reacției, trebuie să se țină seama ca scusul bobinei de reacție să fie corect, să se potrivească numărul de spire de reacție în așa fel, ca să se poată acoperi toată gama și în sfârșit un amănunt important, trebuie să se lege rotorul condensatorului de reacție la pământ (și nu statorul) pentru a evita astfel efectele de capacitate prin apropierea mâinii de buton.

Acestea sunt doar câteva recomandări de ordin practic. Nu putem intra în prea multe amănunte. De altfel practica reacției nu se învață din carte.

Montaje cu 2, 3 și 4 lămpi

Pentru a mări sensibilitatea și selectivitatea unui receptor, se adaugă unul sau mai multe etaje de înaltă frecvență. Se va prefera bine înțeles o pentodă, fig. 157.

În această schemă avem un alt montaj de reacție cunoscut sub numele de Hartley. Circuitul oscilant e legat între sită și anodă iar reacția se face prin condensatorul legat între circuitul oscilant și anodă, anoda fiind alimentată din această cauză în paralel cu circuitul oscilant.

Însfârșit, pentru a alimenta un difuzor se cere un debit mai mare și de aceea se adaugă după detectoare o lampă de joasă frecvență, o triodă sau o pentodă, fig. 158.

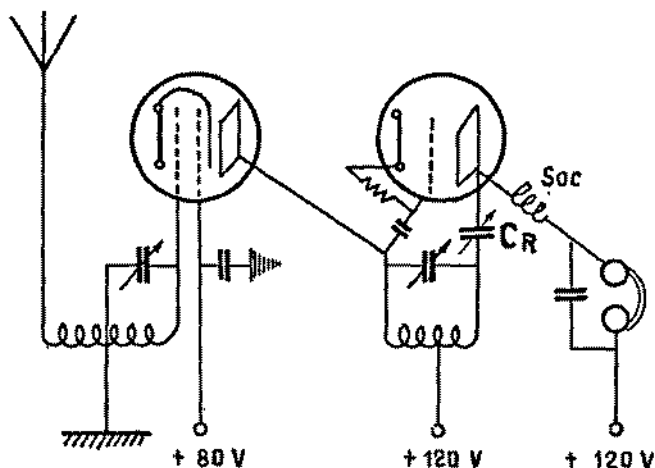


Fig. 157. — Receptor cu 2 lămpi.

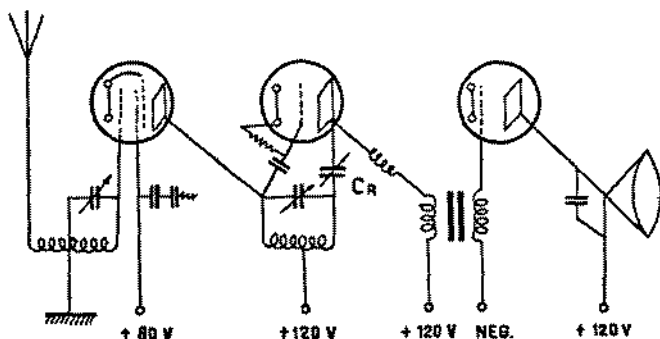


Fig. 158. — Receptor cu 3 lămpi.

Se pot monta două etaje de înaltă frecvență, de asemenea se pot monta și două etaje de joasă frecvență.

Ajungem astfel la aparate cu 2, 3, 4 și chiar 5 lămpi. De obicei înșă nu se întrebuintează în astfel de montaje « directe » decât 3 sau cel mult 4 lămpi. La aceste lămpi se adaugă în cazul alimentării dela rețea și lampa redresoare, de unde denumirea aparatelor de $2 + 1$; $3 + 1$, etc.

Superheterodina

În montaje obișnuite considerate mai sus numărul de etaje de înaltă frecvență nu poate trece de obicei de 2, căci aparatul devine nestabil oricâte precauțiuni s'ar lua. Cu alte cuvinte nu se poate obține o amplificare mai mare căci aparatul începe să oscileze.

Acest neajuns se înlătură printr'un montaj special cunoscut sub denumirea de « superheterodină ».

Superheterodina se bazează pe principiul heterodinării.

Dacă suprapunem două oscilații de frecvențe puțin diferite, f_1 și f_2 rezultă o frecvență nouă, egală cu $\frac{f_1 + f_2}{2}$

modulată la frecvența $f_1 - f_2$, fig. 159. Aceasta se poate dovedi prin calcul, precum și prin însumarea grafică a sinusoidelor și se mai poate arăta printr'un raționament foarte simplu.

O oscilație rămâne în urmă față de cealaltă, și oridecâteori rămâne în urmă o lungime de undă, trece printr'un moment când maximele sinusoidelor f_1 și f_2 coincid și se însumează (punctul A) și printr'un alt moment când maximele unei unde coincid cu minimul celeilalte și atunci se produce o anulare (punctul B). Așa dar vom avea atâtea maxime și minime pe secundă, câte rămâneri în urmă avem.

Adică

$$f_1 - f_2 = F_R$$

în care F_R este frecvența rezultantă produsă prin heterodinare.

Dacă f_1 este semnalul cules de antenă și f_2 este oscilația produsă în receptor, putem da lui F_R ori ce valoare prin simpla schimbare a lui f_2 . Pe acest principiu se bazează recepționarea telegrafiei în unde întreținute.

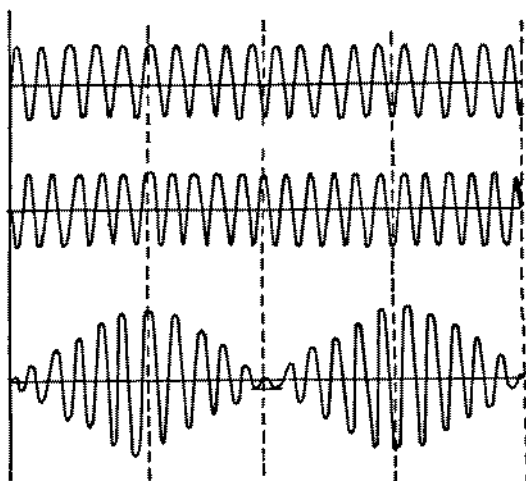


Fig. 159. — Heterodinarea.

Undele întreținute (nemodulate) nu sunt perceptibile într'un receptor obișnuit pentru că nu poartă semnale de joasă frecvență.

Pentru a le face perceptibile urechii se întrebuițează un oscilator local a cărui frecvență diferă de frecvența incidentă cu câteva sute de cicli pe secundă, sau câteva mii. Prin suprapunerea oscilației incidente pe oscilația locală se produce așa dar o frecvență de câteva sute de cicli, perfectă audibilă, prin heterodinare.

În practică nu e nevoie de un oscilator separat, întru cât undele întreținute pot fi recepționate cu o simplă detectoare cu reacție, fig. 155. Strângând reacția puțin mai mult decât pentru telefonie, lampa începe să oscileze și produce heterodinarea necesară asupra semnalului incident, care trebuie să pătrundă prin urmare într'un circuit puțin desacordat. Reglarea acordului produce în mod firesc schimbarea notei muzicale care rezultă din heterodinare.

Superheterodina servește de obicei la recepția telefoniei și ca atare în acest caz nu se poate admite o frecvență rezultantă audibilă care ar stânjeni recepția. Ca atare oscilația locală este astfel aleasă ca prin heterodinare să se obțină o frecvență superaudibilă, de exemplu de 200.000 cicluri pe secundă. Dacă unda incidentă este, să zicem de 300 m. adică de 1.000 Kc., oscilatorul va trebui să producă în acest caz o undă care să difere cu 200 Kc. adică 800 Kc. (375 m.) sau 1.200 Kc. (250 m.).

Fig. 161 ilustrează principiul super heterodinei. Acest sistem are următoarele avantaje:

Se poate amplifica semnalul atât înainte de heterodinare (adică în înalta frecvență pe f_1) cât și după heterodinare (adică în medie frecvență pe F_2). F_2 este tot o frecvență radioelectrică, dar fiind diferită de f_1 nu tinde să întrețină oscilații în primele etaje de amplificare. Dar nu numai atât, amplificarea pe o frecvență relativ joasă ca F_R , este mai stabilă și se poate face mai ușor.

În sfârșit, după aplicarea frecvenței F_R și detectare, se procedează la obișnuita amplificare în joasă frecvență.

Avem așa dar, ca prim avantaj al superheterodinei posibilitatea unei amplificări mai mari, fără tendința de oscilație, fără instabilitate.

Al doilea avantaj, de sigur tot atât de mare ca și primul, este amplificarea pe frecvență fixă. Într'adevăr F_R , poate fi — și este — fix. Oscilația locală f_2 se alege în așa fel ca diferența $f_1 - f_2$ să fie constantă. Cu alte cuvinte în loc

de acorda aparatul de recepție după unda care se primește, se poate spune că în cazul superheterodinei, acordăm unda incidentă după aparat ¹⁾.

Posibilitatea de a amplifica pe frecvență fixă, simplifică mult construcția aparatului precum și reglajul. Într'adevăr, într'o superheterodină avem adeseori, zece circuite acordate cu numai 2 sau 3 condensatori de acord și aceștia cu monoreglaj. (1 sau 2 condensatori pe f_1 , și unul pe f_2).

Dar nu numai atât, întrebuițarea frecvenței fixe permite montarea unor filtre de bandă care măresc foarte mult calitățile receptorului. Un filtru de bandă cu adevărat eficient nu se poate construi decât pe o frecvență fixă.

În concluzie, o superheterodină, este un montaj care poate fi oricât de sensibil și oricât de selectiv.

Este cel mai bun montaj din câte se cunosc și totodată cel mai întrebuițat.

Construcția superheterodinei prezintă însă, multe și variate dificultăți.

În primul rând, *producerea oscilațiilor locale și suprapunerea lor pe oscilația incidentă*, este o problemă mult mai complexă și mai delicată decât pare. După ce s'au propus și s'a întrebuițat nenumărate soluții cu una sau două lămpi, fig. 160, s'a ajuns astăzi la hexode, heptode și octode.

Aceste lămpi cari au fost descrise în cap. XIV sunt formate precum am văzut din două lămpi montate în cascadă. Electronii cari trec de anoda primei lămpi (anoda este o sită) formează sursa de electroni « catoda » lămpii

¹⁾ S'au construit și superbeterodine care amplifică frecvența $\frac{f_1 + f_2}{2}$ dar n'au avut succes.

Ele au fost lansate sub diferite denumiri: «infradină», «single span» etc. Au avut mai multe neajunsuri decât avantaje.

a doua. În cazul hexodei, prima lampă este amplificatoare și alimentează (în ritmul semnalelor primite) catoda virtuală a lămpii a doua care primește oscilația locală fig. 112. Astfel se suprapune semnalul pe oscilația locală,

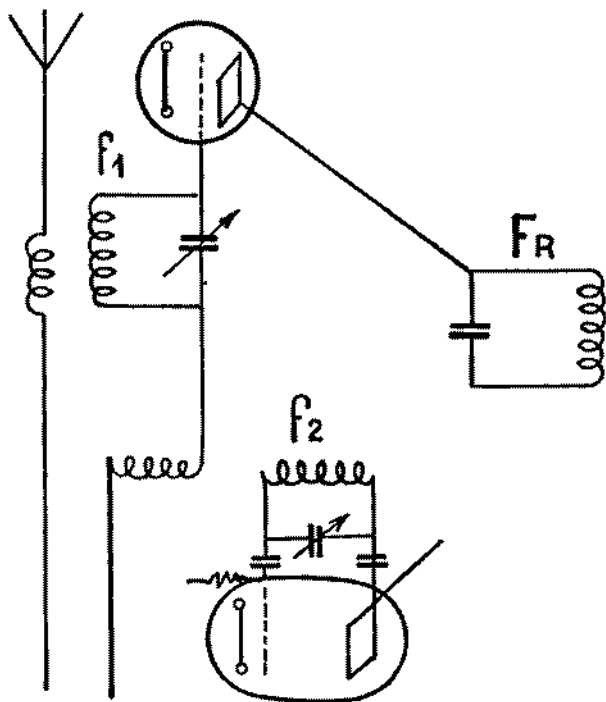


Fig. 160. — Suprapunerea oscilației locale pe semnalul incident.

printr'un cuplaj electronic. Cuplajul electronic prezintă avantaje importante față de cuplajele capacitive sau inductive întrebuințate în trecut.

Heptoda este precum am arătat în fig. 113 o triodă oscilatoare urmată de o tetradă amplificatoare, iar octoda

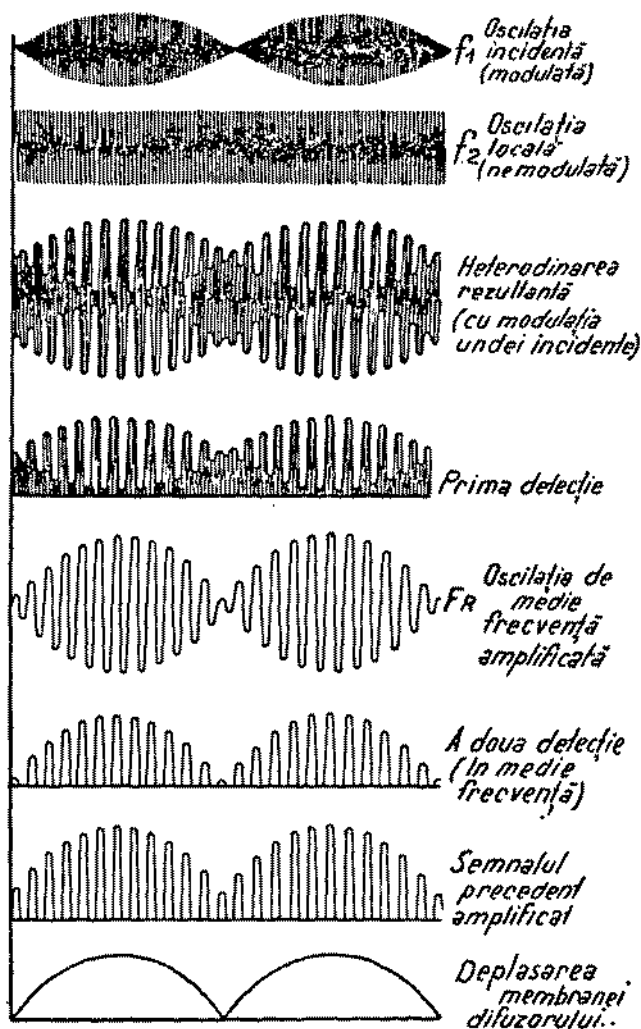


Fig. 161. — Principiul superheterodinei.

care este din ce în ce mai întrebuințată nu diferă de heptodă decât prin faptul că amplifică cu o pentodă în loc de o tetradă.

Efectul de oglindă, sau pătrunderea semnalelor pe al doilea canal de heterodinare. Dacă superheterodina este acordată pe semnalul A (de exemplu 1.200 Kc.) fig. 162

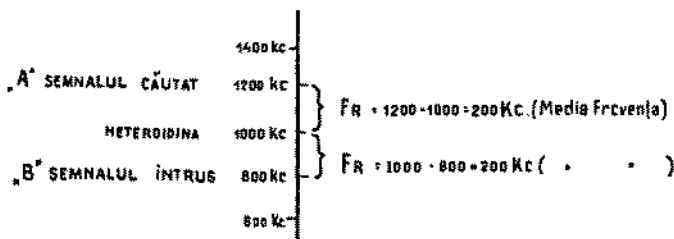


Fig. 162. — Efectul de oglindă.

și media frecvență este F_R (200 Kc.) atunci aparatul va fi turburat și de semnalele cu frecvența B (800 Kc.), dacă acestea sunt puternice.

Această lipsă de selectivitate pentru o frecvență atât de diferită se explică prin faptul că emisiunea B produce cu oscilatorul local aceeași frecvență de heterodinare ca și A . Intr'adevăr

$$1.000 - 800 = 200 \text{ Kc.}$$

$$\text{și } 1.200 - 1.000 = 200 \text{ Kc.}$$

Singura piedică care stă în calea lui B este circuitul de înaltă frecvență care este acordat pe A . Dar un semnal puternic produs de exemplu de un post local trece ușor peste acest dezacord și odată ce a ajuns la oscilator are tot drumul deschis prin media frecvență.

Remediul acestui neajuns este firește adăogarea unui etaj de înaltă frecvență. Cu două circuite acordate pe semnalul A , semnalul B ajunge la heterodină atât de slăbit încât devine imperceptibil.

Am arătat mai sus numai trăsăturile esențiale ale superheterodinei. Montajul este însă mai complex decât pare și cere o întreagă serie de precauțiuni: oscilațiile locale trebuie să aibă o anumită amplitudine optimă, iar forma lor trebuie să fie cât mai sinusoidală pentru a nu avea armonici cari produc fluierături, detecția trebuie făcută în cele mai bune condițiuni, tot pentru a evita armonicile, de asemenea trebuiesc evitate diferite oscilații parazite și mai trebuiesc luate măsuri speciale pentru a evita «modulația încrucișată».

Determinarea valorilor și montarea diferitelor bobine de șoc, rezistențe de amortizare, condensatori de trecere, etc. sunt fructul unor lungi și migăloase cercetări de laborator. Cunosc cazul unei importante case de radio care a montat o superheterodină pe planșetă, pentru scopuri didactice și n'a putut obține nici pe departe rezultatele ce le dădea același aparat cu aceleași piese în cutia lor normală.

Cumpărătorul unei superheterodine nici nu bănuiește câtă muncă și câtă experiență reprezintă un aparat bun.

Super-reacția

Acest montaj dă o mare amplificare în înaltă frecvență cu una sau două triode, și ca atare a prezentat un interes deosebit înainte vreme, când lămpile consumau mult și erau alimentate dela baterii și când nu se practica neutrodinarea și blindarea. Astăzi super-reacția se întrebuințează numai pe unde scurte, sub 10 m.

Principiul acestui montaj este foarte ingenios. Să considerăm schema din fig. 163. Lampa I este o simplă detectoare cu reacție, iar lampa II oscilează în permanență pe o frecvență de aproximativ 10.000 adică pe o frecvență super-audibilă.

Funcționarea este următoarea: se strânge reacția dincolo de limita obișnuită (de unde și numele de super-reacție)

până ce lampa începe să oscileze. Lampa II este astfel legată de lampa I încât îi oprește oscilațiile de 10.000 ori pe secundă. Să vedem acum ce se întâmplă cu intervalul de $1/10.000$ secundă. Lampa I are reacția destul de strânsă ca să oscileze, dar la începutul intervalului considerat osci-

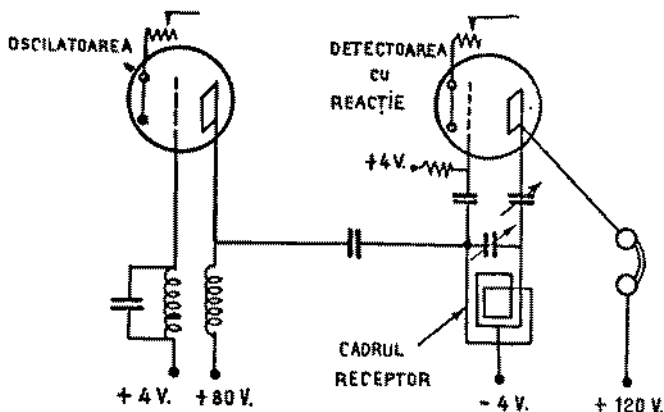


Fig. 163. — Schema super-reacției.

lațiile n'au început încă. Lampa este într'un echilibru nestabil, începe să oscileze și aceste oscilații cresc. În mod normal creșterea este relativ înceată, așa încât la sfârșitul intervalului de $1/10.000$ secundă amplitudinea oscilațiilor este neînsemnat de mică.

Dar sub imboldul unui semnal, oscilațiile cresc mai repede și creșterea este cu atât mai rapidă cu cât semnalul este mai puternic. Prin faptul că semnalul crește mai repede, și amplitudinea atinsă la sfârșitul intervalului de $1/20.000$ secundă este mai mare. Așa dar amplitudinea atinsă la sfârșitul intervalului este proporțională cu intensitatea semnalului primit la începutul intervalului.

Urmează momentul al doilea, oprirea oscilațiilor de către lampa a doua, și pe urmă ciclul reîncepe, fig. 164.

Prin urmare semnalele sunt întretăiate de 10.000 ori pe secundă și fiecare « bucățică » de semnal este amplificată separat. Cum frecvența de 10.000 este supraaudibilă, cele

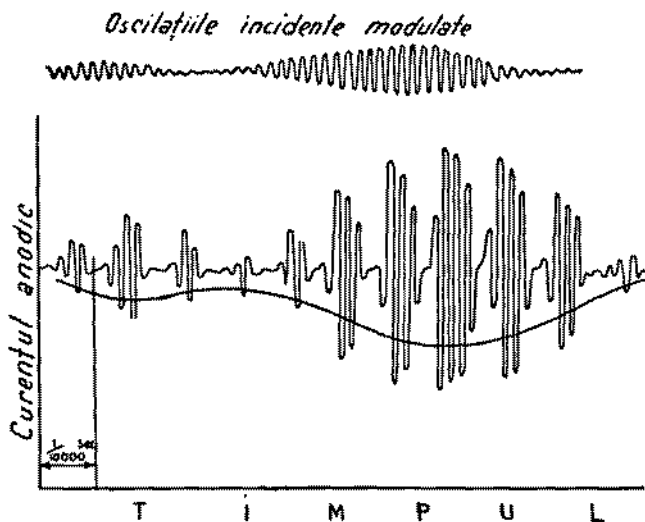


Fig. 164. — Principiul super-reacției.

10.000 semnale se contopesc dând o impresie auditivă continuă întocmai după cum se contopesc imaginile succesive la cinematograf, dând impresia de continuitate.

Super-reacția amplifică în general cu atât mai mult cu cât raportul între frecvența primită și frecvența auxiliară este mai mare. Cum oscilația auxiliară nu poate să scadă sub 10.000 (căci ar deveni audibilă) rezultă că amplificarea este cu atât mai mare cu cât se recepționează frecvențe mai ridicate, adică unde mai scurte. În practică amplifi-

carea nu crește în mod apreciabil pentru unde mai scurte de 100 m.

Selectivitatea super-reacției lasă de dorit, cel puțin pentru cerințele actuale. Dar acest cusur devine o calitate pentru undele ultracurte, unde acordul este din cale afară de ascuțit.

În sfârșit super-reacția nu este la înălțimea cerințelor actuale, nici în privința fidelității. Ea are pe lângă alte mici defecte și un foșnet caracteristic care dispare, cei drept, aproape complet, în timpul recepției, și în sfârșit mai produce câteodată diferite fluierături.

Din cauzele sus arătate, super-reacția nu poate da o audiție satisfăcătoare în difuzor. Recepția în cască însă — chiar completată cu o triodă de joasă frecvență — este perfect utilizabilă și foarte folositoare în aparatele mici portative în cari se cere mai mult inteligibilitate decât muzicalitate. Super-reacția se întrebuințează și astăzi pe o scară întinsă pentru undele de sub 10 metri oridecâteori se cere ca receptoarele să fie mici și ușoare.

CAPITOLUL XX

AMĂNUNTE DE MONTAJ ȘI PERFECTIONĂRI

Alimentarea, joasa și înalta tensiune

Alimentarea receptoarelor se face sau dela pile și acumulatori, sau dela sector.

În primul caz consumația trebuie să fie cât mai redusă, în al doilea caz însă, consumația nu prea are importanță.

Triodele de baterii consumă numai 0,06 A sub 2 V la filament, afară de pentode și de lămpile finale care consumă dublu, triplu și chiar mai mult. Lămpile de sector încălzite indirect consumă de vreo 20 ori atât, în schimb au și caracteristici mai bune. În primul rând panta este mai mare, deoarece catoda are o suprafață mai mare, este

toată la același potențial, și sita poate fi montată mult mai aproape de catodă, aceasta fiind perfect rigidă.

Filamentele se alimentează în paralele și pentru a compensa scăderea de tensiune a pilelor, se întrebuițează sau un reostat, sau de preferință un stabilizator de tensiune automat. Acesta este format dintr'un fir de fier montat într'un balon cu hidrogen. Dacă filamentele se alimentează cu acumulatori de plumb cari se descarcă sub o tensiune mult mai constantă decât pilele poate să lipsească eventual atât reostatul cât și stabilizatorul de tensiune.

În montajele de baterie se face nu numai economie de curent de încălzire ci și economie de curent anodic. Pentru aceasta se întrebuițează aproape întotdeauna în etajul final amplificarea în clasa *B*.

Aparatele de sector se împart în două categorii: de curent alternativ și universale.

Primele au un transformator de intrare, o lampă redre-

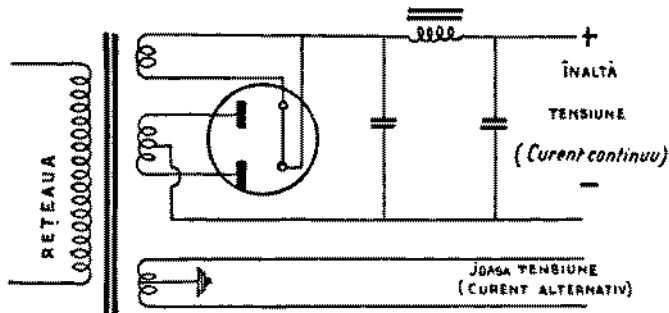


Fig. 165. — Alimentarea în alternativ.

soare cu două anode și un sistem de filtrare format din condensator și inductanțe, fig. 165. Transformatorul de intrare are de obicei un blindaj electrostatic între primar și secundar, pus la pământ pentru a scurge paraziții ce

vin pe rețea. Bobina de filtrare este adeseori înlocuită prin bobinajul de excitație al magnetului pentru difuzor.

Curentul pentru alimentarea filamentelor ar fi foarte greu de filtrat pe cale electrică întru cât e de joasă tensiune și ca atare ar cere condensatori foarte mari. Filtrarea se face mult mai ușor pe cale termică prin întrebuințarea unor elemente de încălzire cu o inerție termică destul de mare ca temperatura lor să nu varieze în mod perceptibil după valorile instantanee ale curentului alternativ. Lămpile cari satisfac acest deziderat sunt de două tipuri: cu încălzire indirectă (vezi cap. XV) și cu încălzire directă, întrebuințate numai în etajele finale.

În cazul încălzirii indirecte, circuitele de sită și de placă se închid direct la catodă. Dar în cazul lămpilor cu încălzire directă, sita ar produce un puternic zbârnâit de sector dacă s'ar lega de unul din capetele filamentului unde avem fluctuații de tensiune.

Pentru a înlătura acest neajuns, circuitele se închid la filament la o priză mediană, luată fie pe transformator, fig. 166, fie pe filamentul lămpii. Priza mediană trebuie com-

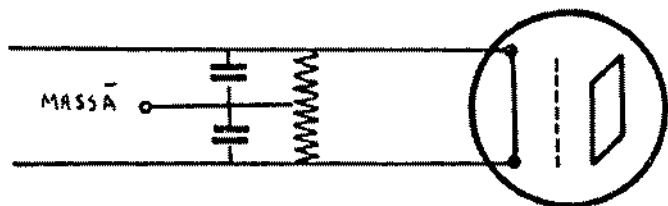


Fig. 166. — Priza mediană a filamentelor alimentate în alternativ.

pletată cu condensatori de trecere pentru a evita pierderile ce ar rezulta în rezistență sau transformator.

Aparatele universale merg și pe curent alternativ și pe curent continuu, fără nicio modificare. În cazul alimentării de curent continuu, trebuie să se țină seama de polaritate,

cu alte cuvinte ștecherul trebuie introdus într-o poziție, căci în poziția cealaltă, aparatul nu merge.

Fig. 167 reprezintă schema de alimentare a unui aparat universal. Filamentele sunt montate în serie așa încât se află la potențiale diferite, unele fiind aproape de potențialul anodelor. Cum însă filamentele nu constituie catodele

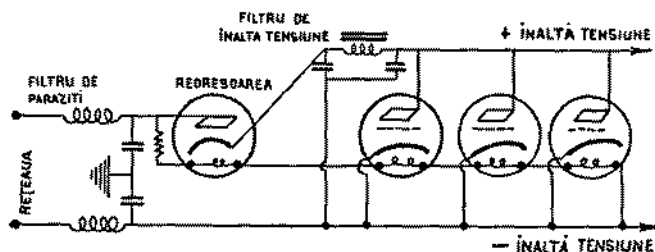


Fig. 167. — Alimentarea unui aparat universal, de curent continuu și alternativ.

ci sunt numai sursa de încălzire a catodelor cari sunt complet separate, potențialul filamentelor nu are importanță. Lămpile fiind montate în serie trebuie să consume toate la fel, adică trebuie să funcționeze cu aceeași intensitate de curent. Aceasta nu înseamnă însă că au aceeași consumație de putere. Lampa finală poate să aibă o rezistență mai mare și atunci I^2R este mai mare. Lampa aceasta este atunci alimentată la o tensiune mai mare decât celelalte, de exemplu 40 V față de 6,3 V.

Deoarece în mod normal filamentele celor câteva lămpi ale receptorului nu pot absorbi diferența de potențial disponibilă, se montează o rezistență în serie cu filamentele. Și pentru ca această rezistență să nu încălzească prea mult receptorul se montează de obicei în cordonul de alimentare. Astfel cordonul de alimentare se încălzește în mod simțitor, dând adeseori impresia că se petrece ceva anormal în aparat.

Unele receptoare universale au un filtru pentru eliminarea paraziților de sector, acest filtru care este reprezentat în fig. 167 ține locul blindajului electrostatic dintre primarul și secundarul transformatorului despre care am vorbit mai sus.

Tensiunea anodică se obține precum se vede în schemă prin lampa redresoare. În cazul curentului continuu această lampă devine o simplă rezistență de trecere.

Este de notat că în schema considerată nu avem niciun transformator și că astfel postul devine mai mic, mai ușor, și mai eficient.

Aparatele care merg numai pe curent continuu diferă de schema considerată numai prin faptul că lipsește lampa redresoare. Filtrajul se menține, dar se reduce.

Se fac și aparate cari merg numai pe alternativ, tot fără transformator. Dar în acest caz se întrebuințează aproape întotdeauna dispozitivul de dublat tensiunea ilustrat în fig. 92.

Neajunsul aparatelor universale este că nu dispun de o tensiune anodică destul de ridicată pentru a funcționa în condițiuni bune.

Negativarea sitelor

Pentru ca lămpile să lucreze în condițiuni normale, am văzut că trebuie să dăm anumite negativări sitelor.

Din punct de vedere practic, negativarea se poate obține în mai multe feluri, fig. 168.

1. Prin rezistență de scurgere (șuntată de obicei de un condensator de trecere). Soluție întrebuințată la detecția de sită și la lămpile oscilatoare.

2. Prin adăugarea unei surse de tensiune, baterie de negativare, sau priză dela tensiunea anodică. Această soluție nepractică se întrebuințează tot mai puțin.

3. Negativarea automată, cea mai întrebuințată, mai ales la joasa frecvență.

Negativarea automată se obține prin legarea unei rezistențe între negativul tensiunii anodice și filament. Prin trecerea curentului anodic se produce la capetele rezistenței o diferență de potențial egală cu $I R$ (I fiind curentul anodic), așa încât legând sita de punctul A , se

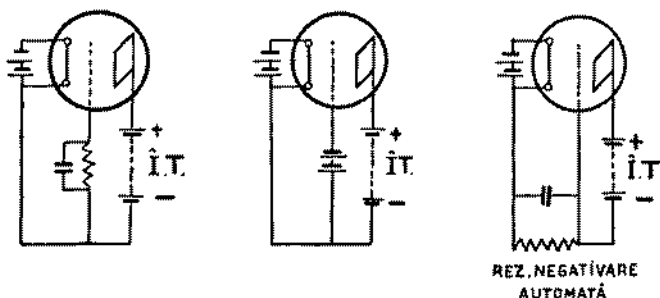


Fig. 168. — Cele trei feluri de a negativa sitele.

obține negativarea dorită. Bine înțeles că rezistența de negativare trebuie șuntată cu un condensator de trecere pentru a evita cuplaje parazite.

Negativarea automată este folosită atât la aparatele de sector, cât și la aparatele de baterie. La acestea din urmă negativarea sitelor scade cu uzarea pilelor anodice, întrucât odată cu scăderea tensiunii anodice scade și curentul anodic. Astfel negativarea se menține în mod automat la valoarea corectă, întrucât odată cu scăderea tensiunii anodice se deplasează și punctul de funcționare. De aci vine și denumirea de «negativare automată».

Vibratorii

În lipsa rețelei electrice înalta tensiune se obține de obicei cu o baterie anodică. Bateriile de acumulatori s'au dovedit foarte nepractice căci sunt scumpe, grele, se varsă și se strică ușor. Bateriile de pile uscate sunt fără îndoială preferabile, dar revin destul de scump.

O soluție foarte interesantă și relativ modernă o constituie vibratorul. Acesta se întrebuințează ori de câte ori alimentarea de joasă tensiune se face cu un acumulator mai mare, de exemplu la automobile. Acumulatorul alimentează vibratorul care produce înalta tensiune.

În fond vibratorul este un fel de bobină Rumkorff. Format dintr'un mecanism de sonerie, care întrerupe mereu curentul dintr'un circuit primar, acesta induce o tensiune ridicată în bobinajul secundar, fig. 165. Tensiunea

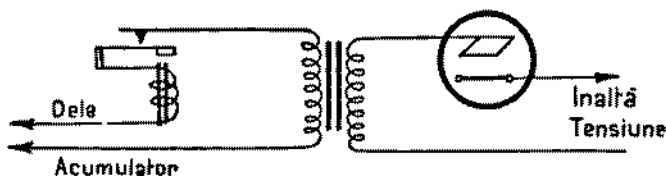


Fig. 169. — Principiul vibratorului.

din secundar fiind alternativă trebuie redresată și filtrată. Iată principiul, realizarea este însă destul de complexă.

Avem în primul rând două categorii de vibratori.

1. Tipul cu redresor (diodă, sau cuproxid).
2. Tipul fără redresor, denumit «sincron». Acesta este prevăzut cu o comutare mecanică.

Fig. 170 reprezintă vibratorul simplu cu redresor. De notat că paleta are două contacte, că electromagnetul este separat de transformator și că mecanismul prin care se întreține mișcarea este puțin diferit de cel întrebuințat la sonerie.

În poziția de repaus paleta stă între contactele *B* și *C*. La stabilirea curentului paleta este atrasă în jos, scurt-circuitează electromagnetul prin contactul *B*, așa încât revine imediat în poziția inițială și trece de această poziție în virtutea inerției. Astfel se stabilește contactul *C*. Deși electromagnetul a atras paleta de îndată ce a în-

trerupt contactul *B*, n'a avut timp s'o oprească. Dar acum electromagnetul readuce paleta dela *C* la *B* și ciclul reîncepe.

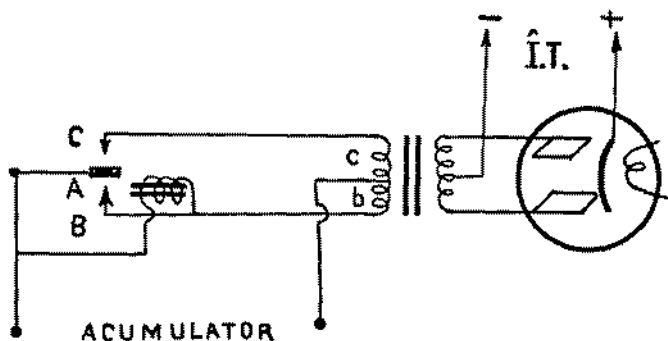


Fig. 170. — Vibrator cu redresor.

De notat că în momentul când s'a stabilit contactul *B* curentul a circulat în porțiunea «*b*» a primarului, iar în clipa când s'a stabilit contactul *C* curentul a circulat prin porțiunea «*c*».

Fig. 171 reprezintă schema unui vibrator sincron. Comutarea din circuitul secundar se înțelege destul de ușor.

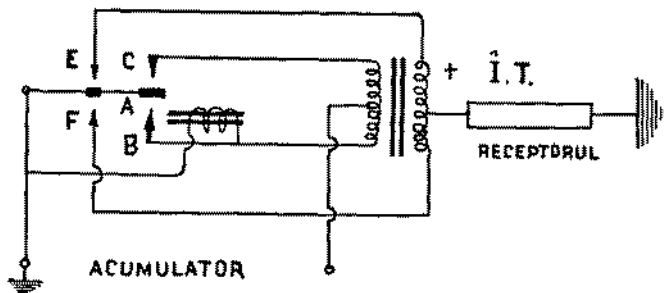


Fig. 171. — Vibrator sincron.

Dar vibratorii trebuiesc completați cu filtre de joasă frecvență (ca sistemele de alimentare pe alternativ) și cu filtre de înaltă frecvență pentru a suprima paraziții produși de scântei.

Dimensionarea corectă a vibratorilor este o problemă din cele mai delicate: transformatorul trebuie astfel construit încât să fie în rezonanță cu paleta, momentele de contact trebuiesc stabilite cu o precizie matematică, etc., etc. Paleta se face din oțelurile cele mai bune, iar pentru contacte se întrebuițează de asemenea materiale alese cu cea mai mare îngrijire, ș.a.m.d. În sfârșit vibratorul se montează pe cauciuc spongios spre a înăbuși sgomotul pe care-l face.

Pentru a obține randamentul optim, vibratorul trebuie să meargă pe o sarcină precis stabilită. Din această cauză un vibrator nu poate alimenta în condițiuni economice un amplificator clasa B.

Vibratorii moderni dau rezultate excelente. Astfel în ultimul timp s'au atins randamente de peste 70%, adică mai mult decât se poate obține cu un convertizor rotativ care este și mult mai scump și mult mai voluminos.

Vibratorul în sine este cât o lampă, are aceleași dimensiuni, aceeași formă și este prevăzut cu picioare pentru a fi montat într'un soclu. Poate să funcționeze mii de ore, fără nicio îngrijire. Are așa dar cam aceeași viață ca și lămpile de radio și se înlocuiește tot atât de ușor.

Rezistențe și capacități de decuplar

Toate circuitele anodice ale unui receptor se închid pe aceeași sursă comună de alimentare în înaltă tensiune.

Această sursă de alimentare devine astfel un organ de cuplaj între lămpi, și poate întreține oscilații, fig. 172. Cuplajul produs de sursa de alimentare devine câteodată foarte important, mai ales la aparatele alimentate cu baterii când acestea se învechesc. O baterie anodică uzată poate avea o rezistență de sute și chiar mii de ohmi.

Evitarea cuplajelor parazite se face în două feluri:

1. Se adaugă un condensator de șuntare C fig. 172 care constituie un scurt circuit atât pentru frecvențele înalte cât și pentru cele joase. Dar această precauțiune nu este suficientă la aparatele de mare amplificare, unde contează și alte cuplaje parazite.

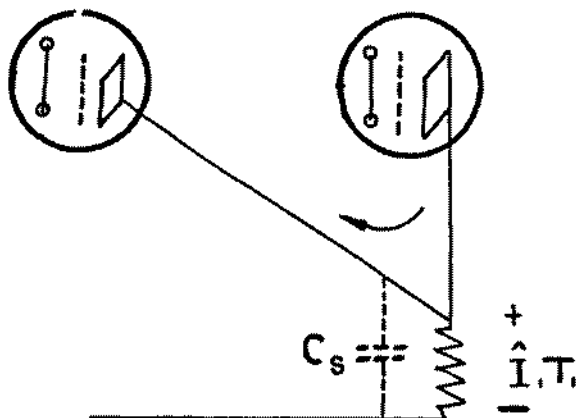


Fig. 172. — Cuplajul parazit produs de bateria anodică.

2. Se montează câte o rezistență de stăvilire și câte un condensator de scurgere pe fiecare circuit anodic (vreo 1000 ohmi și 1000 cm). Astfel circuitul de curent alternativ anodic al fiecărei lămpi este izolat de celelalte fiindcă se închide direct la pământ imediat după ce a trecut prin bobinele care îi sunt afectate, fig. 173.

Prin sistemele de decuplare arătate mai sus se obțin amplificări mai mari și se elimină diferite fluierături mai mult sau mai puțin permanente.

Reglajul automat de volum

Acest artificiu de montaj este fără îndoială una din cele mai importante perfecțiuni aduse aparatelor de radio în ultimii ani.

Dispozitivul se mai numește și «anti-fading», căci suprimă fading-ul și permite astfel o excelentă audiere a posturilor de unde decimetrice.

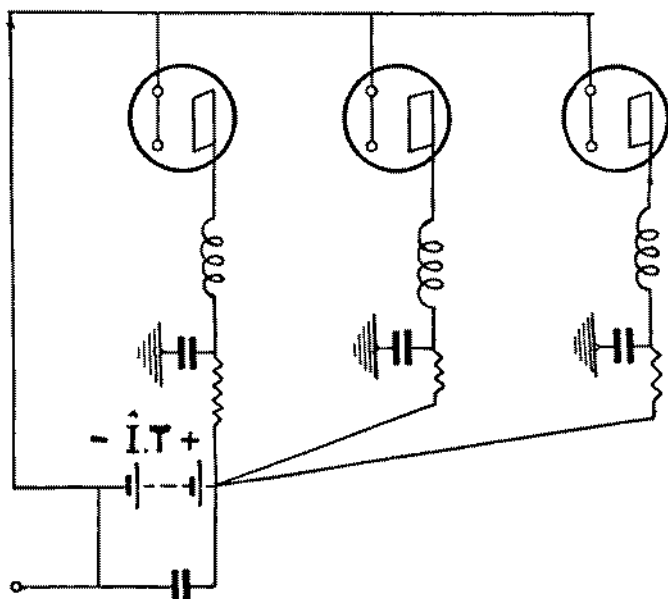


Fig. 173. — Capacități și rezistențe de decuplare.

Cu aparatele vechi variația de intensitate pe aceste posturi era atât de mare și atât de rapidă încât audierea lăsa mult de dorit cu toate că se regla mereu butonul volumului.

Această operație se face acum automat, compensarea fiind instantanee și aproape perfectă. Este interesant de notat că reglajul automat de volum nu influențează cu nimic modulația din studio. Cu alte cuvinte nu întărește pasagiile «pianissime» și nu slăbește «fortissimele» ci

compensează numai slăbirile de semnal produse pe drum. Această putere de discernere surprinzătoare pentru un profan se explică foarte ușor.

Pasagiile de diferite intensități se deosebesc prin adâncimea modulației, fig. 124. Dar fie că modulația este adâncă sau nu, amplitudinea mijlocie a unei purtătoare este aceeași.

În schimb fading-ul influențează amplitudinea mijlocie a unei purtătoare.

Ca atare reglajul automat de volum trebuie să mențină constantă amplitudinea mijlocie a unei purtătoare și pentru aceasta va cuprinde un dispozitiv cu o inerție electrică destul de mare ca să nu poată urmări frecvențele audibile.

Schema de principiu este dată în fig. 174. Semnalul

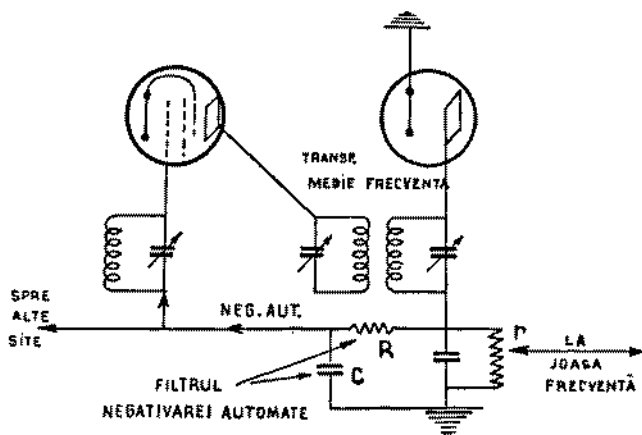


Fig. 174. — Reglajul automat de volum.

detectat de diodă servește atât la alimentarea difuzorului (prin etajul de joasă frecvență) cât și la negativarea lămpii cu pantă variabilă prin rezistența R . Condensa-

torul C servește doar ca volan pentru a da acestui dispozitiv inerția electrică de care am vorbit mai sus. « R » și « C » formează așa dar filtrul negativării automate.

Funcționarea este următoarea: când semnalul e mai puternic intensitatea curentului prin « r » e mai mare și diferența de potențial care apare la bornele acestei rezistențe crește ($E = Ir$) așa încât se mărește negativarea sitelor și implicit se reduce amplificarea. Când semnalul devine mai slab lucrurile se petrec invers, așa încât se reduce negativarea și se mărește amplificarea.

Acest montaj dă rezultatele arătate în fig. 175. Dacă

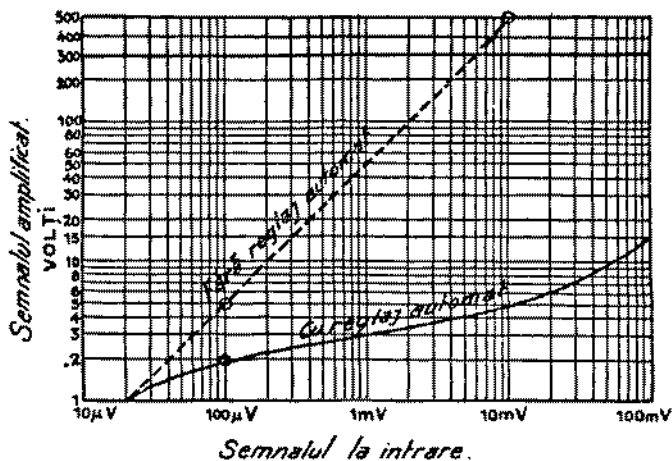


Fig. 175. — Rezultatele obținute cu reglajul automat de volum.

de exemplu intensitatea semnalelor variază de la 100 μ V la 10 mV, adică în raport 1/100 atunci voltajul amplificat (care este proporțional cu alimentarea difuzorului) variază de la 5—500 *fără* reglaj automat de volum și de la 2—5 *cu* reglaj automat de volum. Cu alte cuvinte în loc de a avea o variație de intensitate de 100, avem o variație de intensitate de 2,5.

Dar curbele ilustrează și un neajuns, anume slăbirea semnalelor foarte slabe.

Pentru a prinde bine un semnal slab, de exemplu sub 100 mV ar fi de dorit ca acesta să nu mai fie slăbit de reglajul automat de volum. Cu alte cuvinte reglajul automat ar trebui să intervie numai dela o anumită intensitate de semnal, ca în fig. 176.

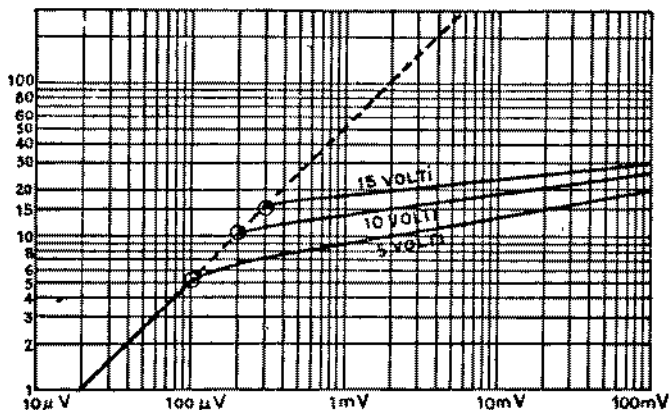


Fig. 176. — Rezultatele obținute cu reglajul automat de volum cu întârziere.

Acest rezultat se obține cu montajul din fig. 177 cunoscut sub denumirea de reglaj automat de volum « cu întârziere ». În primul rând acest montaj se deosebește de cel precedent prin faptul că are o diodă dublă, așa încât o alternanță (a plăcii D_1) este întrebuințată pentru amplificarea în joasă frecvență, iar a doua alternanță (a plăcii D_2) este întrebuințată pentru reglajul automat de volum. Pentru ca reglajul automat de volum să intervină numai dela un anumit semnal în sus, s'a intercalat bateria B^1) care aplică pe catoda lămpii redresoare un potențial

¹) Bateria B se înlocuiește întotdeauna printr-o priză potrivită luată dela alimentarea de înaltă tensiune.

Negativarea automată se aplică de obicei pe mai multe lămpi, două-trei, iar în unele cazuri semnalul de negativare este amplificat înainte de a fi aplicat pe lămpi. Acest sistem mărește sensibilitatea dispozitivului și mai prezintă și alte avantagii de amănunt, dar e greu de pus la punct.

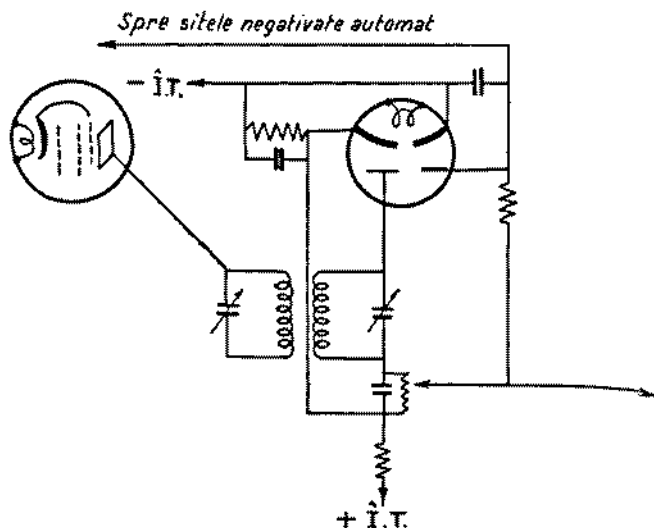


Fig. 178. — O perfecționare a montajului din fig. 177.

Așa dar în concluzie reglajul automat de volum este un dispozitiv anti-fading, căci mărește amplificarea când semnalul scade și vice-versa, nivelul audiției rămânând constant,

Variază numai nivelul paraziților, căci în momentele de amplificare maximă raportul între intensitatea paraziților și a semnalelor este bine înțeles mai mare decât în perioadele de amplificare normală și sub normală când audiția este mult mai curată. Dar în definitiv variația

nivelului de paraziți nu constituie un neajuns. Altele sunt neajunsurile reglajului automat: sgomote puternice la căutarea posturilor, întrucât în lipsa unui semnal, amplificarea este împinsă la maximum așa încât apar paraziți foarte puternici și în al doilea rând — marea greutate de a obține un acord precis. Intr'adevăr dacă aparatul este acordat precis sau puțin dezacordat se va auzi tot atât de tare. Tăria audiției numai indică acordul ca la aparatele celelalte. Ori, dacă aparatul este dezacordat calitatea audiției lasă mult de dorit. În primul rând fiindcă se mărește raportul paraziți-semnal și în al doilea rând fiindcă se amplifică în mod neegal bandele laterale și se pierd frecvențele înalte (vezi mai departe în acest capitol «bandele laterale»).

Este adevărat că o persoană cu urechea formată poate face acordul precis dacă ascultă cu atenție. Dar un aparat de radio trebuie să meargă bine pe mâna oricui.

Indicatorul de acord

Sgomotele cari însoțesc căutarea unui post și lipsa de precizie a acordului se pot înlătura prin indicatorul de acord care este format de obicei din așa zisul «ochiul magic», sau «treflă catodică».

Fila 179 reprezintă «ochiul magic» care are aspectul unei lămpi de radio și se montează orizontal cu partea superioară a lămpii pe panoul aparatului de recepție. Lampa apare astfel ca în fig. 180.

Construcția interioară a indicatorului este reprezentată schematic în fig. 181. Avem în primul rând o triodă amplificatoare a cărei sită este legată de dioda redresoare. În același balon de sticlă mai avem un tub catodic. Acesta este format din catoda triodei (prelungirea de sus fig. 179) și o placă în formă de pâlnie acoperită cu o substanță fluorescentă. Prin bombardamentul electronilor cari vin dela catodă, placa dă o lumină verzue.

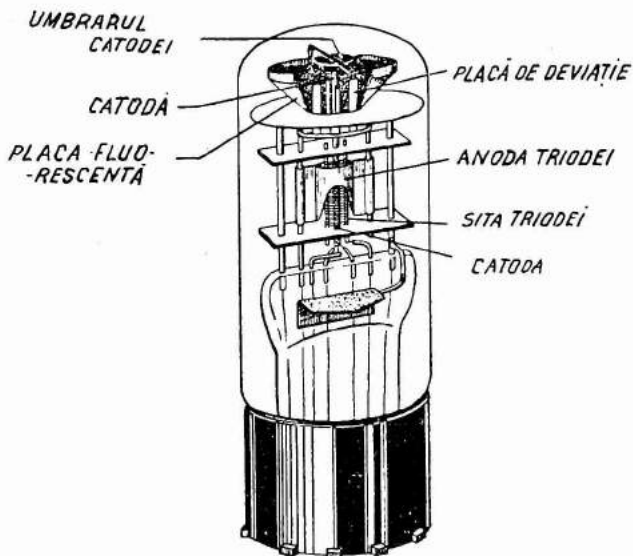


Fig. 179. — Indicatorul de acord denumit « ochiul magic ».

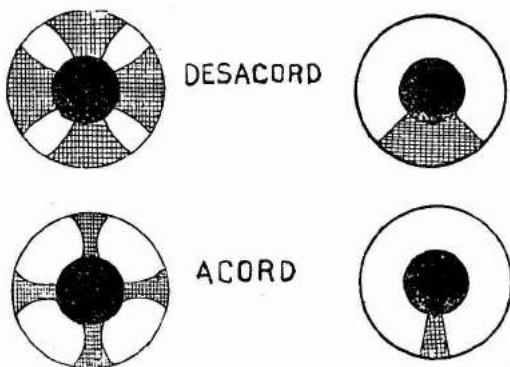


Fig. 180. — Aspectul celor două indicatoare de acord mai întrebuițate: « trefla catodică » și « ochiul magic ».

Dar în calea electronilor se află o placă de deviație, dispusă radial față de catodă și legată direct de placa triodei. Placa *D* deviază electronii mai mult sau mai puțin după semnalul pe care-l primește, aruncând o umbră mai îngustă sau mai largă, după amplitudinea acestui semnal și astfel indică acordul.

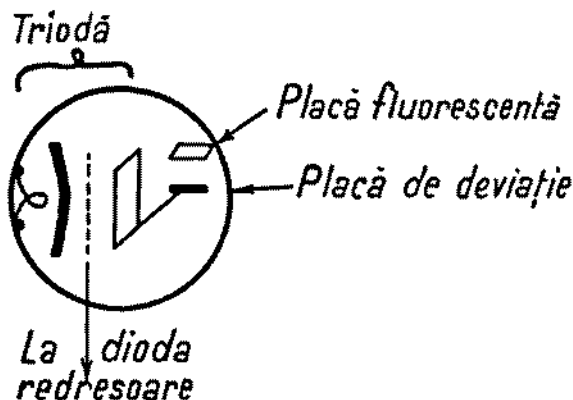


Fig. 181. — Reprezentarea schemei mici a indicatorului de acord.

Ochiul magic are o singură placă de deviație, iar trefla catodică are 4 plăci de deviație. Și într'un caz și într'altul acordul este obținut când zona de umbră este redusă la minimum.

Cu acești indicatori optici se poate vedea așa dar care este acordul corect și mai mult decât atât se poate face acordul cu reglajul de volum redus la minimum, prin urmare fără sgomotul paraziților cari însoțesc de obicei căutarea postului.

În ultimul timp au apărut indicatoare de acord cari indică sensul și mărimea dezacordului prin două linii luminoase de lungimi variabile cari trebuiesc aduse la

nivel, sau cu o linie luminoasă care deviază la stânga și la dreapta ca un arătător, și trebuie adusă la zero.

Există însă și alte dispozitive mai complexe care comandă direct reglajul aparatului. De acestea ne vom ocupa acum.

Acordul automat

De câțva timp se răspândesc tot mai mult receptoarele care se acordează prin simpla apăsare a unui buton. Aceste aparate nu mai trebuiesc acordate căci atingerea butonului dă imediat recepția dorită. Un șir de 5—20 de butoane cuprinde toate posturile care pot fi auzite în condițiuni bune.

Există numeroase sisteme electrice și mecanice prin care se poate obține acordul, dar toate se bazează pe trei principii:

1. Comutarea unor condensatori ficeși.
2. Deplasarea condensatorului de acord printr'un sistem mecanic cu oprire fixă.
3. Deplasarea condensatorului de acord printr'un motor electric cu oprire fixă.

Primul, prin comutarea unor condensatori este ilustrat în fig. 182. Acești condensatori sunt semi-reglabili, adică se acordează pe postul dorit și rămân în poziție. Comutatorul din schema de principiu, se înlocuește de obicei printr'o serie de butoane care stabilesc contactul cu câte un condensator. Sistemul acesta prezintă următoarele neajunsuri:

Este complicat, căci în cazul unei superheterodine trebuiesc doi sau trei condensatori de fiecare post.

Este nestabil, căci valoarea condensatorilor semivaria-bili, nu rămâne riguros constantă când se schimbă temperatura și umezeala.

În ultimul timp s'au înlocuit condensatorii semireglabili prin bobine acordate cu un miez de fier pulverizat. Aceste bobine sunt mai stabile decât condensatorii.

Al doilea sistem cu deplasarea mecanică a condensatorului de acord, implică o construcție complicată, cere o deplasare mare și o apăsare destul de puternică. Mecanismul cuprinde pârghii, came, etc., și este greoi.

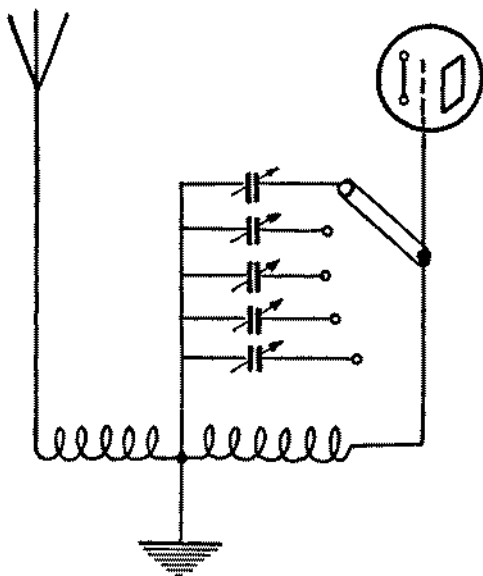


Fig. 182. — Acordul automat prin comutare.

Al treilea sistem cu motorul electric e cel mai întrebuințat. Principiul e ilustrat în fig. 183. Axul motorului are o serie de discuri metalice prevăzute cu un segment izolat. Să apăsăm pe butonul *A*. Motorul se pune în mișcare și merge până ce suprafața izolatoare ajunge la contactul *C*. Astfel se întrerupe curentul și se oprește motorul. Dacă se apasă acuma pe butonul *B*, motorul pornește din nou și se oprește în poziția corespunzătoare butonului *B*.

În practică dispozitivul este mai complex. Astfel nu se apasă direct pe butoanele *A*, *B*, ci pe alte butoane care fixează butoanele *A*, *B*, până ce motorul ajunge în poziția cuvenită, astfel încât operatorul nu trebuie să aștepte cu degetul pe buton.

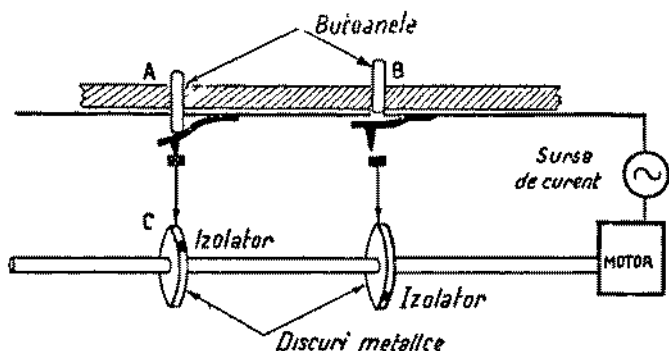


Fig. 183. — Acord automat prin butoane și motor.

Pe urmă motorul este prevăzut cu o frână sau cu un sistem de decuplare, pentru ca oprirea condensatorului să se facă brusc și să nu treacă de poziția cuvenită, din cauza inerției.

În sfârșit mai trebuie prevăzut și un comutator automat pentru a schimba sensul de învârtire al motorului, după poziția în care se află noul post față de postul precedent, etc., etc.

Deși complicat, acest sistem funcționează foarte bine și e cel mai întrebuintat. Prezintă între altele avantajul de a permite și reglarea aparatului la distanță printr'un cordon multifilar. În realizările îngrijite acordurile se pot repeta cu o precizie mai mare de 0,5 Kc.

Totuși unii constructori, au simțit nevoia de a completa diferitele sisteme de comandă prin butoane, cu un reglaj

automat de precizie. Acest reglaj desăvârșește acordul pe cale pur electrică.

Există diferite sisteme de felul acesta cari sunt în general destul de complicate. În principiu, reglajul cuprinde două circuite suplimentare de medie frecvență, cari sunt puțin dezacordate — unul în plus, altul în minus, — față de acordul aparatului. Semnalele din aceste circuite se detectează, se scad unul dintr'altul și se aplică pe urmă pe o lampă de comandă care modifică frecvența heterodinei pentru a obține acordul.

Astfel sita lămpii de comandă devine mai pozitivă, mai negativă, sau rămâne neschimbată când acordul este corect. Sita influențează firește circuitul de placă al lămpii, care produce o șuntare mai mult sau mai puțin pronunțată a circuitului oscilant (legat de lampa oscilatoare), schimbându-i frecvența. În felul acesta se compensează dezaordul și se obține valoarea corectă a oscilației de medie frecvență.

Acest din urmă dispozitiv pentru desăvârșirea acordului pe cale electrică nu se întrebuintează decât la unele aparate mari. Dar toate aparatele cu butoane au o altă completare, care constă dintr'un dispozitiv automat care reduce volumul când se trece dela un post la altul. Fără acest întreruptor, sgomotele produse de aparat ar fi foarte supărătoare din cauza reglajului automat de volum, care merge la amplificarea maximă în lipsa semnalelor.

În concluzie, acordul aparatelor prin butoane cere o mare precizieune mecanică și electrică și este o problemă complexă.

Reacția negativă

Una din cele mai importante perfecționări aduse în ultimul timp aparatelor de recepție e reacția negativă, prin care s'a îmbunătățit mult calitatea reproducerii, adică fidelitatea.

Am considerat în cap. XIX obișnuita reacție în înaltă frecvență, prin care se mărește amplificarea și selectivitatea. Această reacție care adaugă la semnalul incident o parte din semnalul amplificat, mărește amplificarea și se numește reacție *pozitivă*.

Dacă se inversează sensul bobinei de reacție atunci fracțiunea aceea din semnalul amplificat se suprapune semnalului incident nu prin adăugare ci prin scădere și astfel amplificarea obținută se reduce și devine mai mică decât fără reacție, avem reacție *negativă*.

Fig. 184 ilustrează curba de rezonanță și amplificarea

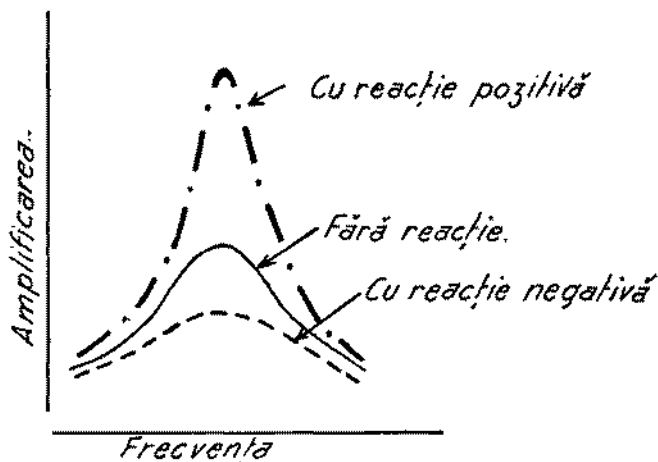


Fig. 184. — Efectul reacției asupra curbei de rezonanță.

în trei cazuri: fără reacție, cu reacție pozitivă și cu reacție negativă. Precum se vede, reacția negativă departe de a aduce vreun folos, micșorează amplificarea și turtește curba de rezonanță. Așa stau lucrurile în circuitele de înaltă frecvență în care nu se întrebuințează reacția negativă.

În circuitele de joasă frecvență lucrurile se schimbă.

Amplificarea se obține mai ușor, este prin urmare o calitate mult mai puțin prețioasă decât în circuitele de înaltă frecvență. Cât despre curba de rezonanță, aceasta trebuie să fie cât mai turtită, pentru a da o amplificare uniformă pe toate frecvențele¹⁾.

Rezultă așa dar dintr'odată că reacția negativă poate fi de folos în joasă frecvență, căci în schimbul unui surplus de amplificare ce se obține ușor și se sacrifică pe urmă prin reacția negativă, — se obține o amplificare mai uniformă a tuturor frecvențelor. Dar nu numai atât, mai apar și alte avantaje oarecum neașteptate pe cari le vom considera îndată.

Să vedem mai de aproape ce se întâmplă în montajul de reacție negativă.

Avem o tensiune de intrare E care alimentează un amplificator și produce o tensiune de ieșire S . Așa dar,

$$S = k E$$

în care k este amplificarea obținută, fig. 185.

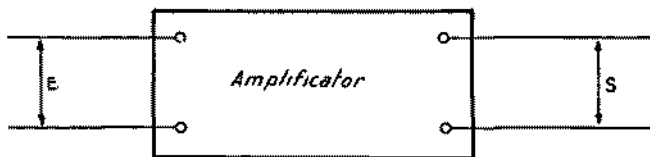


Fig. 185. — Amplificator fără reacție.

Dacă introducem acum reacția, fig. 186, tensiunea adevărată aplicată la intrare, devine

$$E + rS$$

¹⁾ Teoretic n'ar trebui să avem o curbă de rezonanță în etajele de joasă frecvență. Dar în practică, curba de amplificare nu este dreaptă ci prezintă întotdeauna unul sau mai multe maxime mai mult sau mai puțin pronunțate, cari se denivelează prin reacția negativă.

în care « r » este fracțiunea de tensiune dela ieșire care se aduce înapoi la intrare. « r » poate fi pozitiv sau negativ după cum se adaogă sau se scoate la tensiunea inițială.

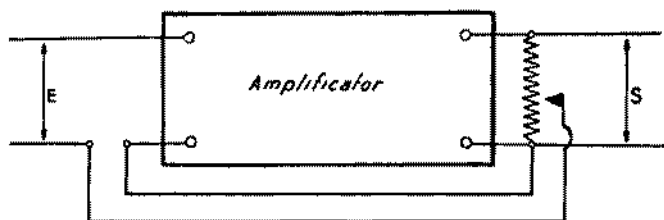


Fig. 186. — Amplificator cu reacție de voltaj.

Înlocuind tensiunea de intrare $E + rS$ în prima relație, avem

$$S = k (E + rS).$$

Să vedem acum ce amplificare am obținut. Pentru aceste scoatem raportul S , din ultima ecuație. Avem

$$\frac{E}{S} = \frac{k}{1 - kr}.$$

sau

$$\frac{S}{E} = \frac{1}{r \left(1 - \frac{1}{kr} \right)}.$$

Termenul « kr » se numește «factor de reacție». Dacă «factorul de reacție» e mare, dacă avem adică o reacție puternică, atunci amplificarea obținută se apropie de

$$\frac{S}{E} = \frac{1}{r}.$$

Această expresie este foarte importantă fiindcă nu mai cuprinde pe « k » ceea ce arată că amplificarea obținută depinde acum numai de fracțiunea de tensiune care este

adusă dela ieşire la intrare, şi numai depinde de amplificarea obţinută. Se mai poate spune că amplificarea depinde numai de reacţie.

Aşa dar, din punct de vedere practic, amplificatorul dobândeşte o caracteristică liniară. Or, ştiut este că lămpile n'au caracteristici cu adevărat liniare şi că prin această neliniaritate se introduc armonici precum şi azele «frecvenţe de combinaţie». Dacă se introduc simultan două frecvenţe, de exemplu, 100 şi 1.000 cicli apar la ieşire frecvenţe de 900 şi 1.100 cicli sau chiar de 800 şi 1.200 cicli (cari sunt mult mai supărătoare decât armonicile).

Prin urmare reacţia negativă elimină distorsiunile cari rezultă din caracteristicile normale ale lămpilor.

Dar reacţia negativă mai prezintă şi alte avantaje, între altele reduce sgomotul de sector, precum şi armonicile cari provin din amplificator. Aceasta se poate demonstra astfel:

Fie D , deformaţiile produse de amplificator fără reacţie negativă, şi

d , deformaţia totală cu reacţia negativă.

Deformaţiile aplicate la intrare prin reacţia « r » vor fi de Dr , iar deformaţia totală

$$d = D + r d k.$$

Din această expresie extragem pe « d » şi găsim

$$d = \frac{D}{1 - r k}.$$

Când « r » e negativ, avem

$$d = \frac{D}{1 + r k}.$$

Şi dacă « rk » e mare, aşa cum am presupus şi în demonstraţia precedentă, putem neglija pe 1 şi avem

$$d = \frac{D}{r k}.$$

Deci, deformația totală se împarte cu factorul de reacție.

În sfârșit, reacția negativă menține amplificarea aproape constantă când variază tensiunea de alimentare sau sarcina (dacă se adaugă de exemplu un al doilea difuzor).

Intr'adevăr, dacă scade tensiunea de alimentare, scade și tensiunea disponibilă pentru reacția negativă și ca atare amplificarea crește. Tot astfel reacția negativă scade, când crește sarcina.

Rezistența aparentă a lămpii se schimbă. Și anume, rezistența *scade*, dacă reacțiunea se face așa cum am arătat mai sus prin aducerea *tensiunii* de ieșire la intrare, iar rezistența aparentă a lămpii crește, când reacția se face pe cale de curent, fig. 187.

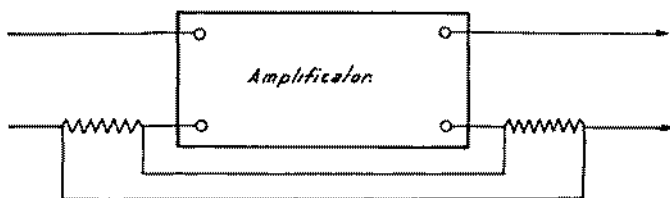


Fig. 187. — Amplificator cu reacție de curent.

Or reducerea rezistenței unei pentode finale mărește amortizarea difuzorului care funcționează în cazul acesta tot atât de uniform cu diferite frecvențe parcă ar fi alimentat de o triodă cu mică rezistență interioară.

În sfârșit, reacția negativă amortizează și rezonanțele mecanice ale difuzorului. Când difuzorul intră în rezonanță mecanică pe anumite frecvențe, reactanța sa se mărește și reacția negativă crește slăbind astfel aceste semnale.

Câteodată se întrebuintează însă și reacția negativă prin curent.

Reacția negativă mai dă și posibilitatea de a obține în mod foarte ușor diferite reglaje de tonalitate prin adău-

gare unei inductanțe sau a unui condensator în serie sau în paralel cu rezistența de reacție.

În ceea ce privește montajele ne vom mărgini numai la câteva exemple.

Fig. 188 dă cel mai simplu montaj de reacție negativă,

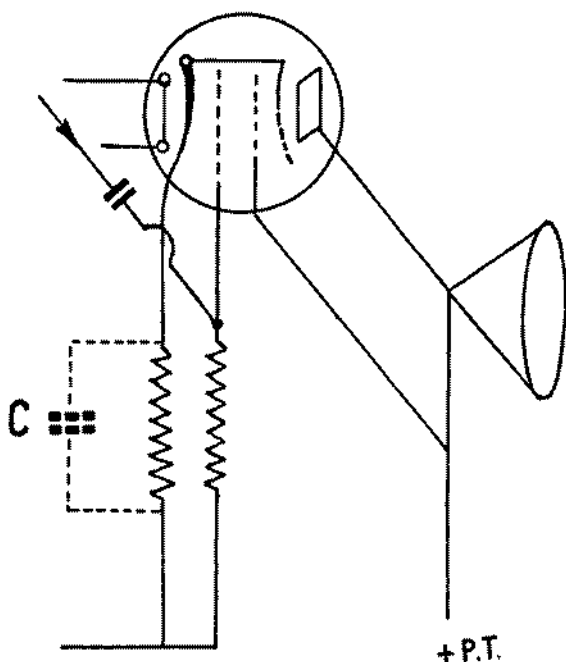


Fig. 188. — Un montaj simplu de reacție negativă prin suprimarea obișnuitului condensator de șuntare C.

prin suprimarea condensatorului de trecere (reprezentat în linii punctate) de pe rezistențe de negativare.

În fig. 189 avem un alt montaj de reacție negativă. Nu intrăm în amănunte și nu dăm valori întru cât acestea depind de caracteristicile lămpilor și ale difuzorilor.

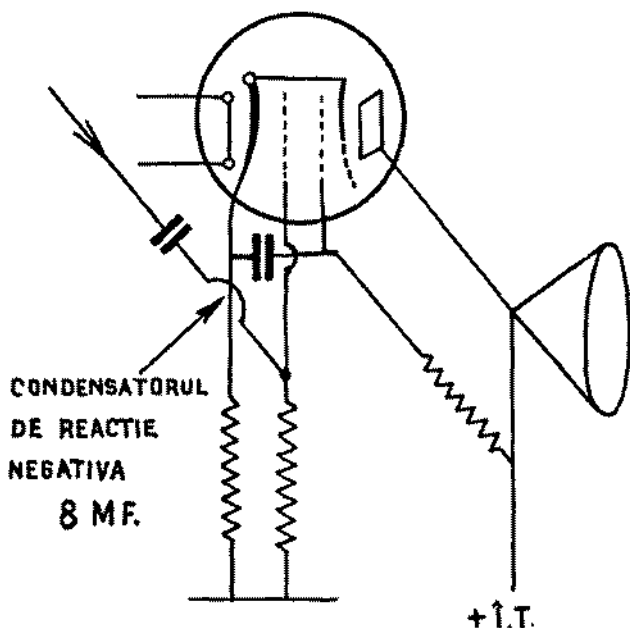


Fig. 188 bis. — Un al doilea montaj de reacție negativă.

Pentru a rezuma, reacția negativă reduce amplificarea, în schimb prezintă următoarele avantaje:

1. Nivelează amplificarea pe diferite frecvențe.
2. Reduce armonicile introduse de lămpi și frecvențele care rezultă prin frecvențe de combinație
3. Reduce armonicile produse de amplificator și sgo-motul de sector.

4. Menține amplificarea aproape constantă când variază tensiunea și sarcina.

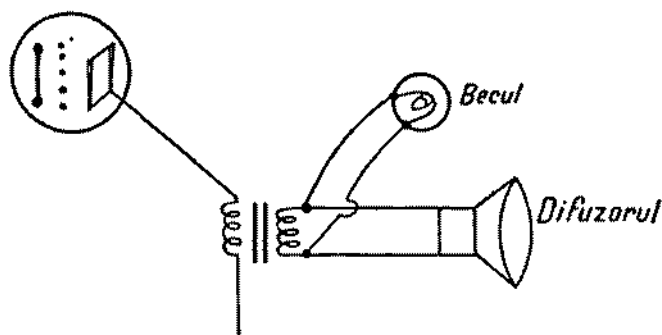


Fig. 189. — Montarea unui bec electric de lampă de buzunar pentru obținerea expansiunii dinamice.

5. Micșorează la nevoie rezistența aparentă a lămpii amortizând astfel difuzorul.

6. Reduce rezonanțele mecanice ale difuzorului.

7. Ingăduie reglajul ușor al tonalității.

Expansiunea dinamică

Sunetele cele mai puternice pe cari le dă un aparat de radio sunt doar de câteva sute de ori mai puternice decât sunetele cele mai slabe.

Intr'o sală de concert, raportul între « fortissimo » dat de toată orchestra și un « pianissimo » de vioară, poate atinge și depăși raportul de 1.000.000.

Cu alte cuvinte un aparat de radio, nu dă contrastul sonor pe care-l avem în anumite execuții muzicale. Obiectul expansiunii dinamice este obținerea acestui contrast.

Să precizăm întâiu câteva date. Gama de sensibilitate a urechii este de 130 de decibeli. În mod normal o orchestră dă o gamă de intensități de 60—80 decibeli, iar sunetele

produse de aparatele de recepție au o gamă de 35—45 de decibeli, și numai de 25—35 de decibeli când servesc la reproducerea muzicii înregistrate pe plăci.

Mai întâiu de toate, contrastul real nu este și nu poate fi emis de postul de radio-difuziune. Limita superioară a sunetelor emise depinde de puterea postului și de adâncimea modulației, care nu poate trece de sută la sută, precum am văzut în cap. XVI. Limita inferioară e dată de inevitabilul sgomot de fond care e proporțional cu puterea postului.

Caietele de sarcini pentru cele mai moderne posturi de radio-difuziune prevăd că sgomotul de fond trebuie să fie de cel puțin 60 de decibeli sub nivelul unui sunet produs printr'o modulație de 80%. Cum sunetele cele mai slabe nu pot fi sub nivelul sgomotului de fond (care le-ar acoperi) rezultă că gama de intensități ce se poate obține e circa 60 de decibeli, adică 1.000.

Pentru ca o emisiune muzicală să poată fi cuprinsă în această gamă și pentru ca, pe de altă parte, să se emită în mod normal cu o modulație destul de adâncă, se comprimă contrastul sonor prin anumite reglaje ce le fac inginerii de serviciu în timpul emisiunilor. De aci rezultă necesitatea de a compensa comprimarea printr'o expansiune la recepție.

Un aparat de radio, luat în sine, are cam aceleași limitări de contrast pe care le are și postul de emisiune, limitare datorită în ultimă analiză, tot de sgomotul de fond. Dacă însă în timpul unei recepții manevrăm reglajul de volum slăbind pasagiile « pianissime » și întărind pasagiile « fortissime » se poate obține un contrast sonor oricât de mare. Lucrul acesta rezultă în mod evident din faptul că sgomotul de fond se reduce odată cu slăbirea audiției (prin reducerea amplificării).

Manevrarea reglajului de volum nu se poate face în condițiuni convenabile cu mâna și ca atare se face printr'un dispozitiv automat.

Există o soluție foarte simplă pe care o poate încerca oricine și constă în a monta un bec de lampă de buzunar (de 2 sau 4 V) în paralel cu difuzorul, fig. 189 ¹⁾). Dacă difuzorul nu este accesibil, becul se poate monta pe priza de difuzor exterior care se găsește la mai toate aparatele de radio.

Funcționarea e foarte simplă. Filamentul becului își mărește rezistența mult prin încălzire (de 5—10 ori). Astfel în timpul semnalelor slabe, când filamentul becului rămâne rece, difuzorul este șuntat cu o rezistență de circa 10 ohmi, curentul derivat prin această rezistență e mare și ca atare sunetele sunt slăbite. În timpul semnalelor puternice becul devine incandescent, rezistența de șuntare crește, ajunge la 100 ohmi, și astfel curentul derivat prin această rezistență scade mult și trece aproape în întregime prin difuzor, întărind astfel sunetele puternice.

Este de notat că becul electric are o inerție termică care e tocmai potrivită scopului urmărit. Într'adevăr dacă sistemul ar fi lipsit de inerție și ar urma toate sinusoidale sonore, le-ar teși și ar produce astfel deformări. Dacă sistemul ar avea o inerție prea mare ar produce deformări de altă natură, prelungind amplificarea necesară pentru semnalele puternice și în zona semnalelor slabe, și vice-versa.

Inerția cea mai potrivită e de aproximativ $\frac{1}{10}$ secundă, care corespunde pe de-aproape cu inerția termică a becului de buzunar.

Există alte montaje mai complexe, din cari unele se bazează tot pe becuri electrice.

Emisiunile muzicale sunt într'adevăr îmbunătățite întru câtva. Vorba însă e deformată pentru simplul motiv că

¹⁾ Becul de lampă de buzunar se poate monta numai pe difuzoarele electro-dinamice cari sunt alimentate la tensiuni joase prin transformatorul de ieșire. Becul de lampă de buzunar nu poate fi montat pe un difuzor magnetic care e alimentat în înaltă tensiune.

nu se comprimă la emisiune. Chiar și pe muzică expansiunea dinamică lasă de dorit, căci nu constituie o compensare corectă a emisiunii, întru cât comprimarea nu se face în mod automat după o anumită relație matematică, ci manual.

Este interesant de amintit că atât comprimarea cât și expansiunea dinamică s'au întrebuințat întâiu în serviciul telefonic transatlantic ca dispozitiv antiparazit. Prin comprimarea dinamică pasagiile slabe modulează unda purtătoare mult mai adânc decât în mod normal. Modulația fiind mai adâncă, raportul semnal-paraziți devine mai favorabil, iar după ce s'a obținut acest raport favorabil la recepție, se coboară nivelul la justa lui valoare prin dispozitivul de expansiune dinamică.

Mai e interesant de semnalat că s'au făcut și înregistrări de gramofon pe același principiu — comprimând la înregistrare spre a contrasta la reproducere. Astfel s'a redus foarte mult foșnetul acului (se aplică raționamentul de mai sus pentru telefonie transatlantică) și pe de altă parte s'a obținut o gamă de intensitate mult mai întinsă. Întrebuințând dispozitivul de expansiune potrivit aparatelor de înregistrat, s'a putut obține o compensare perfectă.

CAPITOLUL XXI

CALITĂȚILE APARATELOR DE RECEPȚIE

Sensibilitatea

Sensibilitatea unui receptor se exprimă prin intensitatea semnalului radioelectric care poate produce alimentarea normală a difuzorului.

Definiția oficială este următoarea:

Sensibilitatea unui difuzor se măsoară prin tensiunea în microvolți modulați 30% la 400 cicli pe secundă, ce trebuie aplicată la intrare printr'o antenă fictivă normală, pentru a obține la ieșire o putere modulată de 50

miliwați, (iar când receptorul nu alimentează un difuzor ci o cască, 1 miliwatt).

Prin antenă normală se înțelege o antenă formată din următoarele elemente montate în serie: o capacitate de $200 \mu\mu F$, o inductanță de $20 \mu H$ și o rezistență de 20 ohmi.

Măsurarea sensibilității se face foarte ușor în laborator, în cabine blindate cu un oscilator calibrat și un aparat de măsurat debitul. Bine înțeles că această din urmă măsurătoare trebuie să se facă pe rezistența optimă indicată de fabricantul lămpilor.

Sensibilitatea maximă a aparatelor de recepție atinge aproximativ 1 microvolt. Această cifră ar putea fi depășită dar fără folos, întru cât nici sensibilitatea de 1 microvolt nu poate fi întrebuințată decât foarte rar. Intr'adevăr folosirea sensibilității disponibile e stăvilită de 2 factori:

1. Paraziții, al căror nivel nu scade niciodată sub o anumită limită și

2. Sgomotul de fond al aparatului.

Este evident că din moment ce semnalul scade sub nivelul sgomotului, nu mai poate fi utilizat.

Admițând că alimentarea este filtrată perfect și că nu există nicio oscilație parazită recepția tot are un sgomot de fond. Acesta se datorește izolărilor imperfecte și agitației termice în diferitele ei forme: în rezistențe, conductori și mai ales în lămpi unde produce emisiuni electronice neregulate.

Sgomotul de fond este determinat de obicei de prima lampă căci semnalele ei sunt cele care se amplifică mai mult. De aceea alegerea acestei lămpi trebuie făcută cu toată atenția. Se va prefera o triodă sau o pentodă cu fascicol dirijat (cap. XIV).

Fiindcă am vorbit de sensibilitatea maximă a aparatelor de recepție, 1 microvolt, trebuie să adăugăm că semnalele primite de obicei sunt mult mai puternice. Astfel zona de serviciu a unei stațiuni de radio-difuziune, se socotește

zona în care semnalul are cel puțin 2,5 milivolți pe metru, ceea ce ar corespunde cu un semnal de intrare de 10 milivolți sau 10.000 de microvolți (socotind o antenă cu înălțimea efectivă de 4 metri).

Selectivitatea

Selectivitatea este proprietatea unui receptor de a separa emisiuni de frecvențe apropiate.

Banđele laterale

Un aparat nu trebuie să fie prea selectiv căci deformează, și iată de ce:

O undă purtătoare, să zicem de 300 m (1000 Kc) modulată cu 1000 cicli (1 Kc) se transformă într'un complex de 3 unde a căror frecvență este

$$\begin{array}{lll} (1000 - 1) \text{ Kc} & 1000 \text{ Kc} & (1000 + 1) \text{ Kc} \\ \text{adică } 300,3 \text{ m} & 300 \text{ m} & 299,7 \text{ m} \end{array}$$

Acest complex de trei unde trebuie privit ca un alt aspect al sinusoidelor modulate. Căci deși sinusoida și-a păstrat frecvența riguros constantă și semnalul emis e cel din fig. 124, din punct de vedere matematic și fizic există scindarea undei inițiale în trei unde diferite nemodulate. De altfel cu aparate destul de selective se pot recepționa aceste trei unde ca emisiuni distincte.

Pentru a primi modulația de 1000 cicli trebuie să recepționăm toate trei undele, căci numai prin suprapunerea lor apare modulația emisă.

Dacă modulăm acum aceeași emisiune de 300 m. cu o frecvență de 2 Kc vom avea următoarele 3 unde:

$$\begin{array}{lll} (1000 - 2) \text{ Kc} & 1000 \text{ Kc} & (1000 + 2) \text{ Kc} \\ \text{adică } 300,6 \text{ m} & 300 \text{ m} & 299,4 \text{ m} \end{array}$$

Așa dar, banđele laterale s'au distanțat dela 2 Kc în cazul precedent, la 4 Kc în cazul de față, prin urmare pentru a primi modulația de 2000 cicli, receptorul va

trebui să fie mai puțin selectiv ca în cazul precedent, și cu cât modulația se face cu frecvențe mai ridicate selectivitatea trebuie să scadă.

Spectrul sonor se întinde dela 30 până la vreo 10.000 cicli pe secundă. Ca atare pentru a emite acest ciclu unda purtătoare se completează cu bande de 10 Kc în fiecare parte, iar selectivitatea receptorului care prinde aceste semnale trebuie să fie de cel puțin 20 Kc. Dar aparatele de recepție obișnuite nu sunt atât de perfecte iar pe de altă parte, distanțarea posturilor de radio-

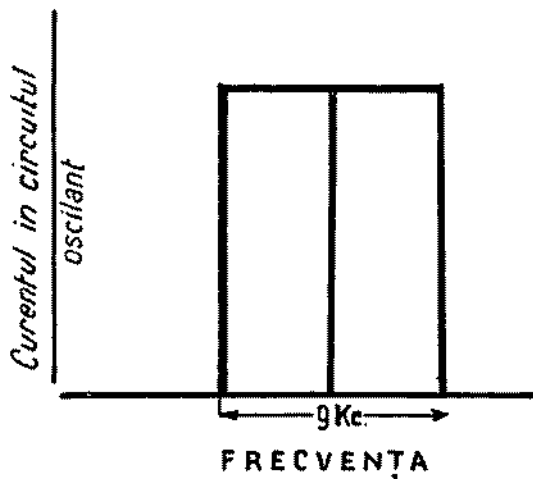


Fig. 190. — Curba de selectivitate ideală.

difuziune este de 9 Kc. De aci rezultă că selectivitatea optimă — pentru radio-difuziune e de 9 Kc. In acest caz curba de selectivitate ar trebui să fie cea din fig. 190.1 Aceasta este curba ideală, fiindcă selectivitatea crește brusc la limita de 9 Kc.

Trasarea curbelor de selectivitate

În practică, forma curbei e mai mult sau mai puțin asemănătoare cu cea din fig. 191.

Această curbă se trasează cu un oscilator (etalonat atât în ceea ce privește frecvența cât și intensitatea), — în felul următor:

Receptorul rămâne acordat tot timpul pe o frecvență fixă, să zicem 1000 Kc.

Se notează intensitatea semnalului care dă un anumit debit la ieșirea din receptor. De exemplu 12 micro-volți produc un miliwatt la ieșire, când oscilatorul e perfect acordat cu receptorul.

Se dezacordează pe urmă oscilatorul etalonat (*nu receptorul*) și se constată că pentru un dezacord de 5 Kc (1005 Kc) trebuie mărit semnalul de intrare la 240 micro-volți pentru a obține debitul inițial de 1 miliwatt. Raportul $240/12 = 20$ sau 26 decibeli, ne dă măsura atenuării pentru dezacordul de 5 Kc.

Astfel se determină toată curba, punct cu punct.

Prin urmare selectivitatea nu se poate exprima printr'o cifră ci numai printr'o curbă. Dar pe această curbă sunt anumite puncte de interes deosebit cari pot exprima destul de precis calitatea curbei de selectivitate. Astfel ne interesează lățimea curbei la 30 decibeli, deoarece aceasta este diferența de nivel la care se înlătură ostașione perturbatoare. În cazul de față, lățimea curbei la 30 decibeli e de 24 Kc, fig. 191.

Mai interesează lățimea curbei la vârf, la vreo 3 decibeli. Aceasta ne dă o idee de gama de frecvență care nu sunt reduse în mod simțitor din cauza selectivității aparatului. Cu alte cuvinte această citire ne dă o idee de fidelitatea reproducerii.

În sfârșit mai interesează și atenuarea la 4, 5 Kc dela acord, căci aceasta indică puterea de separare a două posturi de radio-difuziune vecine.

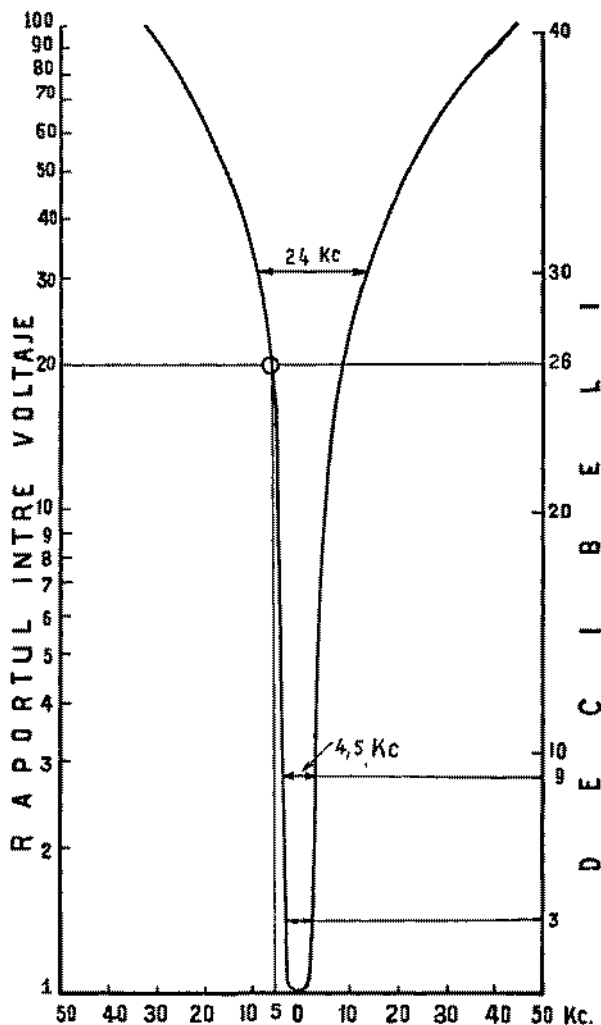


Fig. 191. — O curbă de selectivitate.

Selectivitatea variabilă

Deși posturile de radio-difuziune ar trebui să emită numai frecvențe până la 4500 Kc fiindcă distanțarea posturilor e după cum am văzut de 9 Kc, ele emit și frecvențe mai ridicate, până la aproape 10.000. Bine înțeles că în felul acesta audiția e îmbunătățită, dar numai în apropierea postului de emisiune, căci la distanțe mai mari, nu mai pot fi ascultate bandele ce trec de 4500 întrucât se suprapun pe alte emisiuni.

Prin urmare pentru a asculta postul local în cele mai bune condițiuni, selectivitatea receptorului trebuie să fie mică, de vreo 20 Kc, iar pentru posturi mai depărtate se cere o selectivitate mai bună pentru a elimina bandele laterale ale altor posturi, cari ar avea cam aceeași intensitate cu postul ascultat. Mărirea selectivității reduce de asemenea paraziții, ceea ce prezintă un deosebit interes pentru ascultarea posturilor îndepărtate.

Intr'adevăr sacrificând din calitatea audiției prin reducerea bandei la 4 și chiar la 3 Kc se câștigă de obicei în calitate prin reducerea paraziților și a heterodinărilor cu alte posturi cari produc sunete supărătoare și fluerături.

Ca atare toate aparatele bune sunt prevăzute cu un reglaj de selectivitate. Acesta consta dintr'un cuplaj variabil între bobinele de medie frecvență, sau câteodată dintr'un comutator prin care se elimină un circuit acordat de medie frecvență, reducând astfel selectivitatea.

Etajele de joasă frecvență sunt adeseori astfel construite ca să amplifice mai mult frecvențele înalte spre a compensa prea marea selectivitate a receptorului.

În unele aparate foarte perfecționate reglajul de selectivitate e automat, selectivitatea crește pe măsură ce semnalele devin mai slabe și viceversa.

Pentru a încheia iată câteva cifre.

Muzica își păstrează destul de bine caracterul când e redusă la gama de frecvență cuprinsă între 150—3000.

Vorba este reprodusă în condițiuni perfect satisfăcătoare în limitele 300—3000, dar rămâne inteligibilă chiar și în limitele 300—2000.

Așa dar recepția optimă a vorbei se obține cu o bandă de 6 Kc. Depășind această bandă nu câștigăm nimic în reproducerea vorbei, în schimb adăugăm paraziți și diferite sgomote.

Pentru recepțiile telegrafice selectivitatea poate să fie mult mai mare. S'a ajuns până la 1 Kc. Pentru a obține o selectivitate atât de mare, se montează un cristal de cuarț în media frecvență—

Pentru a da o idee de excelența selectivitate a superheterodinilor moderne e interesant de semnalat că în postul Radio-România (Bod - Brașov) de 150 Kw se pot asculta sub antena de emisiune cele mai multe posturi străine, cu toate că inducția produsă de antenă este atât de puternică încât aprinde lămpile electrice.

Fidelitatea

Fidelitatea sau perfecta reproducere a sunetelor e o problemă dificilă și completă.

Se cere în primul rând ca receptorul să amplifice în mod uniform toate frecvențele dela 30—10.000 sau chiar mai mult. Cu alte cuvinte nu trebuie să se observe niciun fel de rezonanță care să favorizeze anumite frecvențe.

În al-doilea rând se cere ca receptorul să nu introducă armonici sau alte frecvențe noi.

Dacă modulația introdusă e sinusoidală pură, nota la eșire trebuie să aibă aceeași formă. Orice abatere dela sinusoidă denotă apariția armonicilor (conform teoremei lui Fourier, cap. IX) care deformează audiția. Dar pot să apară și alte frecvențe decât armonicile și acestea sunt mult mai supărătoare, ele se produc prin neliniaritatea caracteristicii lămpii de joasă frecvență. Dacă această lămpă amplifică în același timp o frecvență de 100 și

de 1000, apar frecvențe de 900, 1100, 800, 1200, etc., constituind o importantă cauză de deformare. Remediul e precum am văzut reacția negativă.

În sfârșit, se poate întâmpla ca sunetele produse de difuzor să nu fie proporționale cu adâncimea modulației, de exemplu din cauza unei detecții defectuoase.

Așa dar, principalele cauze de deformare se pot rezuma astfel: amplificare neuniformă a diferitelor frecvențe, adăugare de frecvențe noi, și amplificare neproporțională cu adâncimea modulației.

Dar recepția pierde din naturalețe și dacă receptorul are un sgomot de fond, sau de sector, dacă contrastul sonor nu este corect și dacă nivelul sonor nu e bine potrivit cu butonul de volum.

Intr'adevăr, amplificarea sonoră nu se face ca amplificarea optică. De exemplu, la mărirea unei fotografii se menține raportul exact între diferitele linii și suprafețe, pe când la mărirea intensității unei audiții se produce un dezechilibru între notele joase și notele înalte, chiar dacă amplificarea se face în condițiuni perfecte. Aceasta se datorește urechii noastre care dă impresia că prin întărirea audiției crește mai mult intensitatea notelor joase, decât a notelor înalte, — și vice-versa. De altfel știe oricine că muzica îndepărtată se caracterizează prin lipsa notelor joase și că această lipsă dă impresia de distanță.

Prin urmare, amplificarea receptorului poate fi perfect uniformă pe toate frecvențele, dar dacă nu se reglează volumul la nivelul potrivit, audiția pare deformată. Deformarea este mai ales supărătoare când amplificarea trece de intensitatea normală. Când intensitatea este sub normală, avem impresia de depărtare, deși această depărtare nu se potrivește cu apropierea difuzorului a cărui poziție o cunoaștem exact. Când însă intensitatea trece de normal, se produce un dezechilibru între frecvențele joase și înalte pe care nu l-am mai auzit niciodată,

dând o puternică impresie de deformare. Pentru a compensa efecte de felul acesta și mai ales pentru a adapta audiția la rezonanța camerei se prevăd reglaje de tonalitate prin care se pot întări sau slăbi notele joase cât și cele înalte.

În sfârșit, pentru buna reproducere a sunetului mai avem elementul covârșitor de important, difuzorul.

Numeroasele perfecționări de amănunt aduse în ultimul timp, au făcut din difuzor un aparat aproape ideal. Rămâne însă cu un singur cusur, distribuția spațială a frecvențelor nu e uniformă. Frecvențele înalte sunt concentrate mai mult pe axul lui, pe când frecvențele joase sunt distribuite aproape uniform în spațiul înconjurător. Așa dar pentru a avea o audiție bună trebuie să ascultăm întotdeauna pe axul difuzorului.

