

MINISTERUL METALURGIEI ȘI INDUSTRIEI CHIMICE

# **ELECTRICITATEA ȘI APLICAȚIILE EI**

**MANUAL PENTRU ȘCOLI PROFESIONALE**



**EDITURA TEHNICĂ**

MINISTERUL METALURGIEI ȘI INDUSTRIEI CHIMICE

# ELECTRICITATEA ȘI APLICAȚIILE EI

MANUAL PENTRU ȘCOLI PROFESIONALE

EDITURA

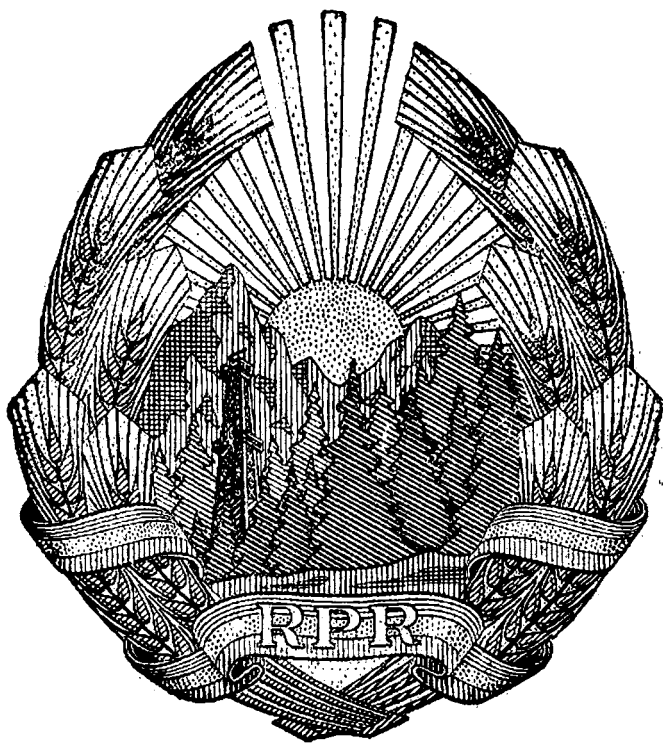


TEHNICA

1950

Clasificarea internațională 921.3.  
Clasificarea E. P. D. 43.

Tip. „Universul”, dat în lucru 16. 09. 50, bun de tipar 20. 11. 50.  
hârtie cărți școlare 610×660-18, tiraj 30 000+250, greutate 450 g, coale  
de tipar 20,50, coale de editură 25,75.



STEMA REPUBLICII POPULARE ROMANE



## P R E F A Ț A

*„În fața noastră stă sarcina măreață de a pune stăpânire pe milioanele de cai-putere, care se trasesc în apele noastre, pe milioanele de cai-putere, care zac în subsolul țării noastre ca să-i folosim pentru ridicarea industriei, agriculturii și transporturilor, pentru propășirea și înflorirea patriei noastre” — Gh. Gheorghiu-Dej: „Raport la ședința plenară a CC al PMR asupra planului de electrificare a țării. 26 Octombrie 1950.”*

*Electricitatea constituie astăzi un factor de bază în dezvoltarea industriei, în ridicarea nivelului de trai al oamenilor.*

*Dar producția de energie electrică nu se poate dezvolta pe deplin, nu poate fi pusă la îndemâna tuturor într-o țară capitalistă.*

*Pentru că burghezia nu poate să stăpânească și nici nu dorește să dezvolte această forță nemărginită care — ca orice sursă de energie — contribuie la progresul tehnic, la rezolvarea contradicțiilor sociale și deci la pietrea capitalismului.*

*De aceea, regimul capitalist din țara noastră a valorificat numai o parte neînsemnată a resurselor energetice ale țării.*

*Astăzi însă, când lanțurile înăpoierii și întunericului au fost sfărâmate, poporul muncitor se găsește în fața unor perspective nelimitate pentru dezvoltarea forțelor de producție. Se crează necesități și posibilități uriașe de fabricare a resurselor energetice.*

*În 1920, îndeplinind sarcina trasată de Vladimir Ilici Lenin, Uniunea Sovietică a pornit la înfăptuirea primului plan socialist de electrificare pe scară națională.*

*Noile hidroelectrice gigantice de pe Volga și Nipru care constituie exemple mărețe ale construirii comunismului vor permite Țării Sovietelor să desăvârșească mecanizarea agriculturii,*

automatizarea proceselor industriale și a muncilor grele, realizarea planului stalinist de transformare a naturii.

Urmând exemplul Uniunii Sovietice, țara noastră a pășit sub îndrumarea P. M. R., pe drumul construirii socialismului.

Planul de electrificare a țării constituie astăzi o etapă importantă a acestui drum.

În cadrul planului de electrificare pe 10 ani, s'a stabilit instalarea și punerea în funcțiune de centrale electrice, precum și dezvoltarea celor existente, astfel ca în 1960 puterea instalată a țării să fie de 2.600.000 kW.

Din acest plan, la capătul primului cincinal vom avea unități noi de aproximativ un milion kW.

Pentru realizarea acestui plan sunt necesare numeroase cadre tehnice bine pregătite. Manualul de față, care folosește drept model de orientare pentru partea teoretică, manualul de fizică scris de autorii sovietici A. Bacinski și S. Iliascenko (Gostehizdat 1947) este menit să inițieze elevii școlilor profesionale în toate ramurile de aplicație a electricității, acest domeniu al tehnicii de atât de deosebită însemnătate pentru construirea socialismului.

Planul lucrării, cu totul diferit de cele precedente conține pe lângă partea teoretică o parte aplicativă, care descrie numeroase experiențe și aplicații practice pe înțelesul tuturor și de interes general.

Elaborat din inițiativa Ministerului Metalurgiei și Industriei Chimice, manualul constituie astfel un curs general care îmbrățișează tot domeniul electricității ca parte a fizicii.

## PARTEA I

# BAZELE ELECTRICITĂȚII

### I. INTRODUCERE

1. Stăpânirea forțelor naturii. Numele de electricitate ne este cunoscut tuturor. Fiecare dintre noi ne folosim de electricitate.

Străzile sunt luminate cu lămpi electrice, tramvaiele merg cu ajutorul motorului electric, în fabrici motoarele se învârtesc prin curent electric, auzim radio prin unde electrice, la telefon vorbim cu ajutorul curenților electrici, și așa mai departe.

Ar trebui să facem o listă foarte lungă de toate împrejurările în care se întrebuițează electricitatea.

Viața la orașe, ca și la sate, în regim socialist, nu se poate închipui fără electricitate.

Mult timp omul s'a folosit numai de forța lui fizică. Puterea unui om reprezintă însă abia a 12-a parte din aceea a unui cal. Cât de puțin putea să realizeze cu ea!

Dacă ne-am închipui că toate uzinele electrice de astăzi din țara noastră ar fi mișcate prin forța fizică a oamenilor, ar trebui vreo 10 milioane de inși, adică aproape 2/3 din populație pentru a înlocui motoarele existente.

Ca să-și sporească puterea, oamenii au domesticit unele animale sălbatice care au o forță fizică mai mare.

Mai târziu au descoperit meșteșugul de a întrebuița în mori și în mici ateliere forțele naturale: puterea vântului și a apei curgătoare.

Spre sfârșitul secolului al XVII-lea s'a descoperit puterea aburului, ceea ce a dus la construirea motoarelor cu aburi, primele mașini mai puternice care au venit în ajutorul omului, în munca lui.

Folosirea acestor motoare a înlesnit sporirea producției de

bunuri, a permis deplasarea și transportul oamenilor și al mărfurilor mult mai repede, pe uscat cu trenul, pe mare cu vaporul.

Iniințarea fabricilor de tot felul nu a luat avânt decât după ce oamenii au învățat să folosească puterea aburilor. În a doua jumătate a secolului al XIX-lea s'au descoperit multiple aplicații ale electricității. Urmările introducerii electrictății, însă, sunt mult mai însemnate, și le vom arăta la sfârșitul acestei cărți.

**2. Cunoștințele mai vechi despre electricitate.** Despre electricitate se știu unele lucruri din vechime.

O bucată de chihlibar frecată atrage mici bucățele de hârtie. S'a crezut multă vreme că aceasta este o însușire numai a chihlibarului, numit de Grecii antici „electron” (filosoful Thales din Milet, care a trăit între anii 640—546 înainte de epoca noastră, a notat primul această însușire):

Mult mai târziu, s'a constatat însă că și alte corpuri ca : ceara roșie, ebonitul, sticla, prin frecare, capătă proprietatea să atragă mici bucăți de hârtie. S'a spus despre ele că se *electrizează*, adică se poartă la fel ca și chihlibarul (electron-electrizare). De aici se trage numele electricității. Astăzi este stabilit că, prin frecare, această stare de electrizare apare în multe împrejurări și că între corpurile electrizate se produc chiar mici scântei.

Și noi putem observa că părul bine uscat, pleptenat repede, se electrizează, ceea ce se constată din sbârlirea lui și din micile scântei, care se pot vedea la întuneric.

Pe baza fenomenului de frecare, s'a și construit, în secolul XVII, o primă mașină electrică, compusă dintr'un glob de sulf (pucioasă), care, învârtit și frecat cu mâna, produce scântei electrice. Multe altele s'au construit apoi în decursul timpului.

Fulgerele din timpul ploilor se aseamănă cu scântele electrice și în secolul XVIII s'au făcut primele experiențe, care au dovedit că ele erau într'adevăr scântei electrice. Savantul rus M. V. Lomonosov a stabilit la 1753 teoria electricității atmosferice.

În felul acesta s'au putut doborî multe superstiții.

Cu cercetările acestea, însă, nu se trecuse încă la cunoașterea mai adâncă a electricității și la aplicațiile ei.

Spre sfârșitul secolului al XVIII-lea, în urma experiențelor și studiilor profesorului de anatomie Aloisio Galvani și ale fizicianului Alessandro Volta, s'a ajuns la descoperirea produ-

cerii curentului electric, cu ajutorul *pitei*, formată din două bastonașe de metale diferite, aramă și zinc, cufundate într'un borcan de sticlă umplut cu o soluție de vitriol<sup>1)</sup>, sau cu alte substanțe chimice potrivite.

Astfel, la începutul secolului al XIX-lea, a apărut prima sursă electrică, care putea să producă un curent mai important și de lungă durată. Pila a fost numită și *element galvanic* sau *voltic* în cinstea celor doi descoperitori.

Cu ajutorul acestei surse de curent, s'au întreprins numeroase experiențe, astfel că s'au studiat în vreo 30 de ani mai toate fenomenele electrice și s'au stabilit legile importante ale curentului electric.

După ce s'au cunoscut aceste legi, s'au perfecționat și inventat noi mijloace mai puternice pentru producerea curentului electric și pentru folosirea lui, pe care le vom învăța și noi.

În felul acesta, prin munca lor stăruitoare, oamenii de știință au reușit să smulgă naturii secretele electricității, să învețe să o folosească și să o stăpânească.

**3. Experiențele ne vor învăța să cunoaștem fenomenele electrice și legile electricității.** Trebuie să recunoașteți că, deschizând această carte, cunoștințele voastre asupra fenomenelor electrice nu sunt mai întinse decât acelea dela începutul secolului al XIX-lea, deci cu vreo 150 de ani în urmă. Cum am putea să ne folosim de electricitate, dacă nu-i cunoaștem proprietățile!

Să străbatem și noi același drum ca și oamenii de știință ca să cunoaștem fenomenele electrice și legile electricității, ceea ce vom face în prima parte a cărții, și apoi, cu ajutorul lor să ne explicăm aplicațiile ei, pe care le vom găsi în partea a doua a cărții.

Cunoștințele asupra lucrurilor ce ne înconjoară le dobândim prin observații și experiențe făcute de noi sau de alții.

Să nu mai întârziem deci și să începem experiențele pentru cunoașterea fenomenelor electrice. Dar, în acest scop, ne trebuie câteva aparate și materiale care pot fi lesne la îndemâna oricui.

Ne vom folosi de generatorul de curent electric cel mai simplu: *elementul galvanic* sau *voltic* descris mai sus.

---

1) Acid sulfuric.

Capetele bastonașelor ies afară și sunt prevăzute cu *borne* sau *cleme* de care se pot lega sârme.

Diverse elemente galvanice se găsesc folosite la sonerii, telefoane, etc.

Mai târziu vom afla mai amănunțit cum sunt construite și cum funcționează. Deocamdată le vom întrebuința pentru a produce un curent electric și pentru a studia fenomenele electrice.

Ne vom folosi de sârme de metal, de obicei de aramă, izolate, adică învelite cu cauciuc și cu fire de bumbac, sau neizolate. Aceste sârme le vom numi și *conducte electrice*.

Apoi vom întrebuința întrerupătoare, magneti, becuri electrice. Ne mai este necesară o busolă. Ea se compune dintr'o cutie acoperită cu sticlă, având în interior un mic magnet, în forma unui romb alungit, numit „ac magnetic”, așezat pe un picior. Acul magnetic are un capăt de culoare închisă (albastră) care arată întotdeauna direcția Nordului.

Iată deci cât de simplu este primul *laborator de electricitate*



## II. CURENTUL ELECTRIC

4. **Experiențe pentru cunoașterea fenomenelor electrice.** Să luăm o pilă galvanică și să facem câteva experiențe:

a) Legăm la cele două borne (cleme) ale ei o sârmă foarte subțire de metal și un întrerupător.

Inchidem întrerupătorul: vom constata după puțin timp că sârma se încălzește și se înroșește. Deschidem întrerupătorul: sârma se răcește, revenind la starea pe care o avea la început.

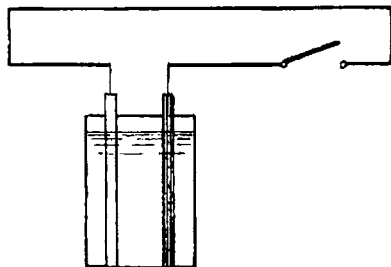


Fig. 1. — Curentul electric încălzește sârma

b) Luăm o busolă, al cărui ac știm că este continuu îndreptat cu vârful albastru spre Nord, și apropiem de ea sârma

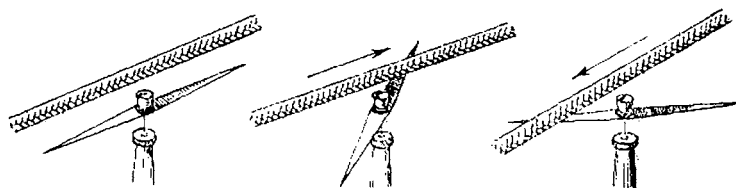


Fig. 2. — Curentul electric deviază un ac magnetic

legată la bornele pilei. Inchidem întrerupătorul: vom observa că acul se mișcă din poziția pe care o avea mai înainte și ia altă direcție.

Deschidem întrerupătorul: acul busolei revine în poziția dela început, adică cu vârful albastru spre Nord.

Să inversăm legăturile sârmei la bornele pilei și vom observa că acul busolei deviază în sens opus.

c) Pe o bară de fier facem o bobină de sârmă subțire izolată și legăm capetele ei la bornele pilei. Apropiem mici bucățele de fier și vom constata că sunt atrase de capetele fierului. Deci acesta a devenit magnet.

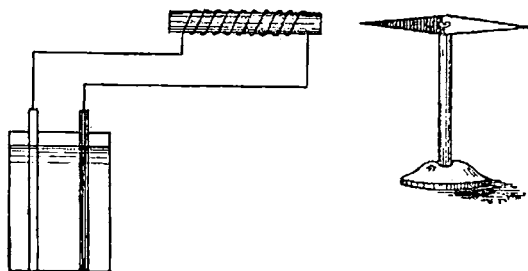


Fig. 3. —Bobina atrage acul magnetic

Cu ajutorul unei busole vom constata că unul din capete atrage vârful albastru al acului, iar altul îl respinge.

Dacă inversăm legăturile bobinei la bornele pilei, se inversează și acțiunea de atracție și respingere, adică vârful albastru al acului magnetic nu va mai fi atras de același capăt al fierului, ci de celălalt.

d) Luăm un magnet în formă de potcoavă și-l fixăm cum se arată în fig 4. Atârnam apoi între ramurile magnetului o sârmă subțire și îi legăm capetele la bornele pilei.

Închidem întrerupătorul: sârma este deviată în direcția săgeții. Inversăm legăturile la bornele pilei, sârma este deviată în sens opus.

e) Luăm un vas de sticlă, în care punem apă și disolvăm sulfat de cupru (piatră vânăță).

Introducem apoi două plăci de plumb pe care le legăm la bornele pilei<sup>1)</sup>.

1) La bornele unei pile compuse din mai multe elemente și de care s'a vorbit mai înainte.

Închidem întrerupătorul : vom constata ,după câțva timp, că pe una din plăci se depune un strat subțire de cupru.

Aceasta dovedește că sulfatul de cupru s'a descompus, iar cuprul din el s'a așezat pe una din plăcile de plumb.

Deschidem întrerupătorul : depunerea încetează.

Să inversăm legăturile la bornele pilei ; cuprul se depune pe cealaltă placă.

Fenomenul se numește *electroliză*.

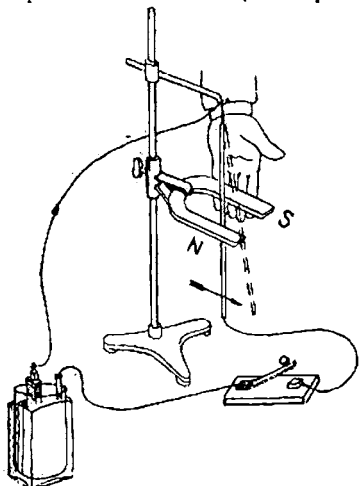


Fig. 4. — Magnetul deviază curentul electric

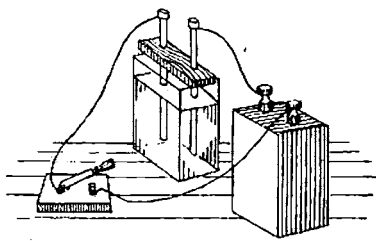


Fig. 5. — Electroliza sulfatului de cupru

Acest aparat simplu se numește *voltmetru*, iar cele două plăci se numesc *electrozi*.

Iată deci mai multe fapte provocate de pila noastră.

Deoarece nu se poate produce niciun fapt (sau fenomen) fără o cauză, să cercetăm care este acea cauză.

*Pila trimite în sârma de legătură (și în voltmetru) un curent electric.*

Noi nu avem organe cu care să simțim direct curentul electric, așa după cum simțim: lumina, cu ochii ; șgomotul, cu urechile ; forma corpurilor, prin pipăit ; mirosul sau gustul corpurilor, cu nasul sau cu limba.

Dar curentul electric, deși nu se poate vedea și nici pipăi, produce efecte, dovedite prin experiențele de mai sus, și, din cunoașterea lor, deducem existența curentului și proprietățile lui.

**5. Efectele curentului.** Efectele principale ale curentului electric sunt acelea pe care le-am constatat :

— Curentul încălzește sârma de legătură.

Pe scurt, acesta se numește : *efect caloric* (sau termic).

Curentul deviază acul magnetic al busolei; o bobină de sârmă izolată, cu inimă de fier, străbătută de curent, atrage bucățele de fier ; sârma străbătută de curent este deviată de un magnet.

Pe scurt, numim acestea : *efecte magnetice*.

— Curentul produce descompuneri chimice.

Pe scurt, numim acesta : *efect chimic*.

Toate fenomenele înșirate le vom studia amănunțit mai departe și vom arăta ce foloase putem trage din ele.

**6. Circuitul electric.** În toate experiențele arătate mai sus, am constatat existența curentului, prin efectele lui, atâta timp cât dela o bornă (clemă) a sursei de curent (pilă) până la cealaltă bornă este o cale neîntreruptă.

Această cale, pe care o numim *circuit electric*, este sârma de metal sau sârma de metal împreună cu electrozii și soluția de sulfat de cupru.



Fig. 6. — Circulația nu este posibilă pe un drum întrerupt ; tot așa curentul nu poate trece printr'un circuit întrerupt

Dacă o întrerupem, curentul încetează, căci nu mai observăm efectele lui.

Deci : *curentul electric se produce numai într'un circuit în-*

*chis*. Drumul curentului, în interiorul sursei de curent, se numește porțiunea internă sau interioară a circuitului, iar drumul curentului, în afara sursei, se numește: porțiunea exterioară a curentului.

Am mai observat că unele efecte își schimbă sensul dacă inversăm legăturile la sursă (pilă). În acest caz, acul busolei deviază în sens opus: polul Nord al bobinei de sârmă devine pol Sud iar depunerea de cupru se face pe placa cealaltă.

Aceste fapte ne arată că, într'un circuit electric, curentul circulă sau într'un sens, sau într'altul invers.

Sensul îl putem stabili tot cu voltametrul: electrodul pe care se depune cuprul este cel spre care vine curentul și îl notăm cu semnul — (minus).

Electrodul dela care vine curentul îl notăm cu semnul + (plus).

Borna pilei legată la electrodul pozitiv (cel cu semnul +) este și ea pozitivă, iar cea legată la electrodul negativ (cel cu semnul —) este și ea negativă.

Deci: *în circuitul exterior al unei surse de curent electric sensul curentului este dela borna + la borna —.*

Pila produce un curent care totdeauna are sensul dela aceeași bornă spre cealaltă. Deci una din borne este totdeauna pozitivă, iar cealaltă negativă, în circuitul exterior. *Acesta este un curent continuu.*

Vom arăta mai departe că sunt mașini la care bornele își schimbă neconținut semnul, alternând plus cu minus.

Curentul își schimbă și el, mereu, sensul. *Acesta este un curent alternativ.*

Cel mai simplu circuit de care ne-am folosit până acum se compune dintr'o *sursă de curent* (pilă) și *calea de conducere a curentului* (sârma) numită, pe scurt, *conductor*.

Înafară de pile sunt în electricitate și alte surse: *acumulatorii*, dar, mai ales, *mașinile generatoare de curent electric*. Ele sunt mijlocul cel mai important pentru producerea curentului electric.

Luminatul electric în clădiri și pe stradă precum și mișcarea motoarelor electrice este datorită mașinilor generatoare de curent, instalate în centrale electrice.

Și ele fac parte dintr'un circuit electric. Deci, în asemenea circuite, pe lângă părțile mai sus arătate, sursă și conductor,

mai avem și aparate, lămpi sau electromotoare care primesc curentul electric și, datorită lui, produc un efect folositor. Vom denumi aceste aparate: *receptoare* de curent electric.

Să examinăm prin ce se caracterizează *sursa de curent, curentul și conductorul cu receptoarele*.

Până ce vom învăța și despre alte surse de curent electric ne vom folosi numai de pila galvanică, dar legile ce vom stabili sunt bune pentru toate cazurile.

**7. Intensitatea curentului.** Să facem mai multe montaje de circuite simple, așa cum arată fig. 7, compuse din: pilă, o sârmă și voltmetru.

În cazul *a* este o singură pilă, în cazul *b* sunt două, iar în cazul *c* sunt trei pile de același fel și mărime. Sârmele folosite sunt din același metal, au aceeași grosime și lungime.

Să închidem întrerupătoarele și să socotim timpul cu ajutorul unui ceas. După un interval de o oră, întrerupem curentul și cântărim cantitatea de cupru depusă pe electrodul negativ al fiecărui voltmetru.

În cazul *c* găsim o cantitate de trei ori mai mare, iar în cazul *b* de două ori mai mare decât în cazul *a*.

Curentul electric se poate asemăna cu un curent de apă, de exemplu, cu un râu de munte. Deseori un asemenea râu servește pentru a transporta lemne, ceea ce unii dintre noi am văzut. Râul aduce cu atât mai multe lemne cu cât cantitatea de apă ce se scurge într-o secundă este mai mare.

Tot astfel și în experiența noastră. Faptul că în cazul *b* curentul a adus mai mult cupru decât în cazul *a*, iar în cazul *c* a adus și mai mult, dovedește că avem curenți mai mari în aceste cazuri decât în cazul *a*.

Deci, într-un circuit, curentul poate fi mai mare sau mai mic, adică poate avea diferite *intensități*, după cum *sursa de curent este mai mare sau mai mică*.

Dacă în locul sulfatului de cupru vom folosi alte substanțe chimice, vom obține pe electrodul negativ cantități de metal diferite de cei de Cu, dar tot proporționale cu intensitatea curentului electric.

De exemplu, dacă vom pune azotat de argint (în locul sulfatului de cupru) vom găsi pe electrozi argint.

Experiențele ne mai învață că putem folosi pentru măsu-



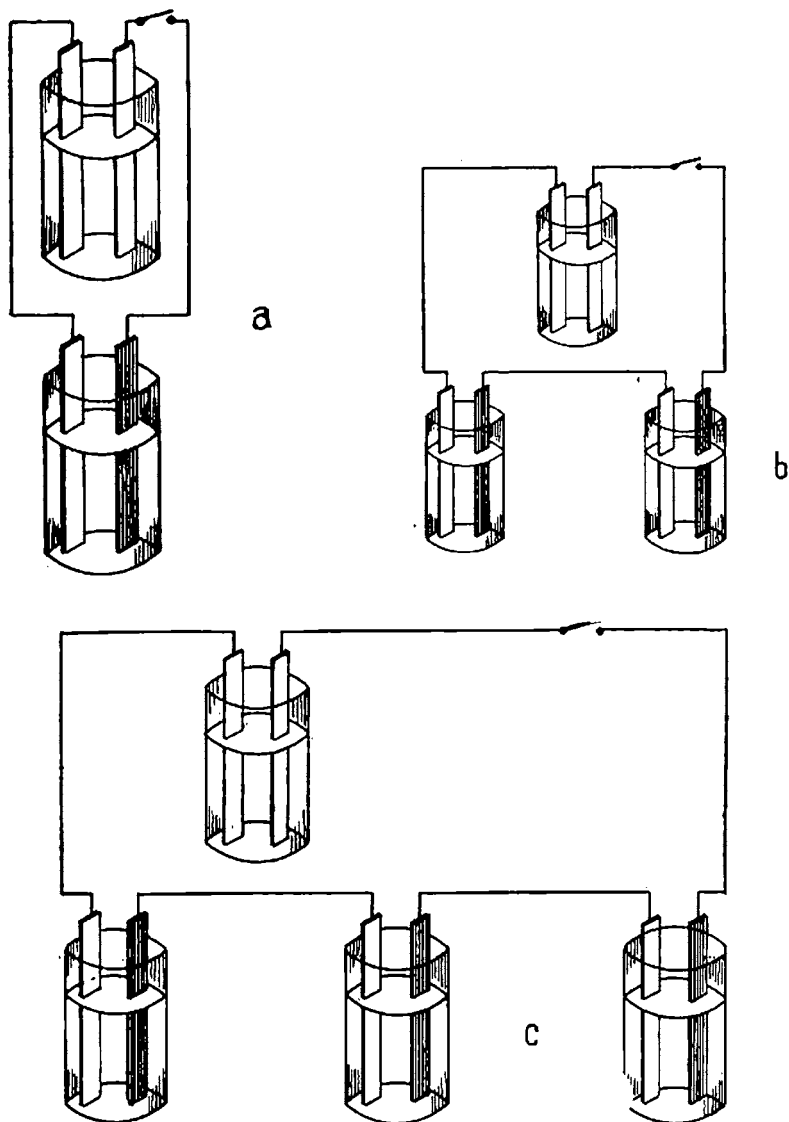


Fig. 7. a, b, c — Circuite electrice

rarea intensității curentului electric voltametrul și fenomenul chimic care se produce în el. Lucrul acesta are o mare importanță. Dacă un fenomen nu poate fi măsurat nu putem vorbi precis despre el și nici nu putem face vreun calcul asupra lui.

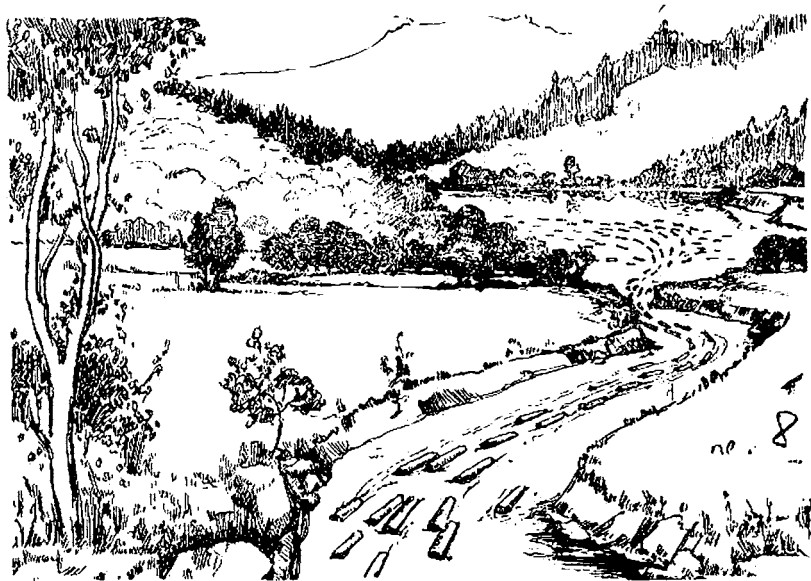


Fig. 8. — Curentul electric se aseamănă curentului de apă al unui râu

Când suntem la drum, într'un automobil, ne dăm seama dacă mergem repede sau încet, dar nu putem face nici o socoteală în cât timp vom străbate o distanță.

Dacă citim însă viteza aparatului indicator, care este pe tabloul din față, vom putea afla precis cu câți km pe oră călătorim și, deci, vom putea calcula lesne durata parcursului.

Dar ca să măsurăm un fenomen trebuie mai întâi să alegem unitatea de măsură.

Fizicienii au decis că un curent care depune în voltamtru, pe electrodul negativ, 1,118 mg de argint, într'o secundă, are intensitatea de un amper; un curent care depune 2,236 mg Ag =

$2 \times 1,118$  mg Ag pe secundă are intensitatea de 2 amepri și așa mai departe.

Prin urmare :

Unitatea de măsură pentru intensitatea curentului este amperul. Un amper este acea intensitate de curent care depune într-o secundă 1,118 mg de argint dintr-o soluție apoasă de azotat de argint.

Pe scurt amperul se notează cu litera A.

Curenții foarte mici sunt măsurăți cu o unitate mult mai mică, miliamperul, care este a mia parte dintr'un amper și care se notează prescurtat mA.

Deci :  $1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$ .

Printr'o lampă electrică mai mare (100 W la 110 V) trece aproximativ un amper.

Denumirea de amper a fost dată după numele fizicianului Ampère care a stabilit câteva legi importante ale curentului electric. În mod obișnuit, în tehnică, intensitățile de curent nu se măsoară cu voltametrul, deoarece este greu să cântărim de fiecare dată cantitatea de argint depusă.

De aceea s'a construit un aparat numit *ampermetru*, compus dintr'o cutie, în care este un dispozitiv electric special. Pe cutie este aplicat un cadran gradat în amperi și în fața lui se mișcă un ac indicator. Ampermetrul (fig. 9) are două borne la care se leagă circuitul electric, a cărui intensitate voim să o măsurăm. Gradația la care se oprește acul arată intensitatea în amperi. Explicația funcționării ampermetrului o vom afla mai târziu.

**8. Rezistența electrică a conductorilor.**  
Să repetăm experiențele noastre cu voltametrul sau, în locul lui, să instalăm un ampermetru.

Să facem pe rând 3 montaje (instalații).

În fiecare din aceste montaje avem aceeași sursă de curent, iar conductorii sunt din sârme diferite. Vom întrebuința mai întâi sârme de cupru (aramă) de aceeași grosime, dar de lungimi diferite, de exemplu de 10 m, de 20 m și de 30 m.

Vom constata că intensitatea curentului este în cazul III, adică atunci când folosim sârmă cea mai lungă, de 3 ori mai mică, iar în cazul II de două ori mai mică decât în cazul I.

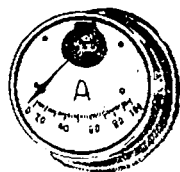


Fig. 9.  
Ampermetru

Aceasta ne arată că un conductor electric opune o rezistență la trecerea curentului, care este cu atât mai mare cu cât conductorul este mai lung.

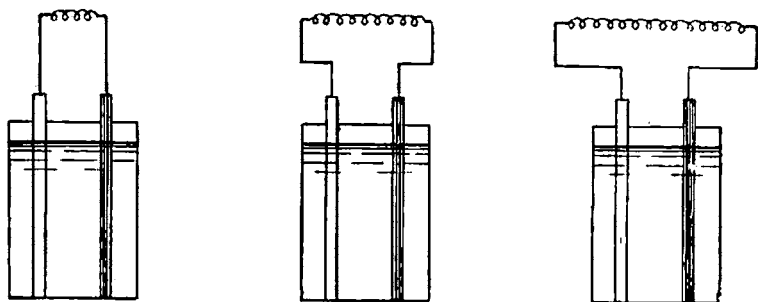


Fig. 10. — Circuite electrice cu rezistențe diferite

Să repetăm experiența, folosind de data această trei conductori din sârmă de cupru, de aceeași lungime dar de grosimi diferite, de exemplu de  $1 \text{ mm}^2$ , de  $1,5 \text{ mm}^2$  și de  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Vom constata că în cazul III, adică al sârmei celei mai groase, trece un curent de 2,5 ori mai mare, iar în cazul II un curent de 1,5 ori mai mare decât în cazul I. Aceasta arată că un conductor electric opune o rezistență cu atât mai mică cu cât conductorul este mai gros.

În sfârșit, să facem experiența cu sârme de aceeași lungime și grosime dar din metale diferite, de exemplu: cupru, aluminiu și fier.

Vom constata că prin cupru trece un curent mai puternic decât prin aluminiu, iar prin acesta un curent mai puternic decât prin fier.

Deci, rezistența unui conductor mai depinde și de felul metalului, prin urmare rezistența este specifică fiecărui metal.

De vreme ce rezistențele pot fi mai mari sau mai mici, ele pot fi măsurate.

Trebuia aleasă deci o rezistență ca unitate.

Fizicienii au decis că rezistența pe care o opune o vână de mercur, la temperatura de  $0^\circ$ , lungă de 1,063 m și având o secțiune de  $1 \text{ mm}^2$ , să fie luată ca unitate de măsură pentru rezistențele electrice și au denumit-o *ohm*.

Prescurtat, ohmul se notează cu litera grecească  $\Omega$  (omega).

Prin urmare :

Rezistența conductorilor se măsoară în ohmi.

Un ohm este rezistența la 0° a unei coloane de mercur lungă de 106,3 cm, având suprafața secțiunii transversale egală cu un milimetru pătrat.

O sârmă de cupru cu secțiunea de 1 mm<sup>2</sup> trebuie să aibă o lungime de 57 m pentru ca să aibă o rezistență de 1 ohm.

Rezistențele foarte mari se măsoară printr'o unitate de 1 000 000 mai mare, denumită meg-ohm, și notată prescurtat M Ω. Deci :

$$1 \text{ M } \Omega = 1\,000\,000 \text{ } \Omega.$$

9. **Formula rezistenței electrice.** Constatările noastre, din experiențele de mai sus, asupra variației rezistenței unui conductor pot fi scrise într'o formulă :

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

în care :

$R$  este rezistența conductorului  
în ohmi Ω;

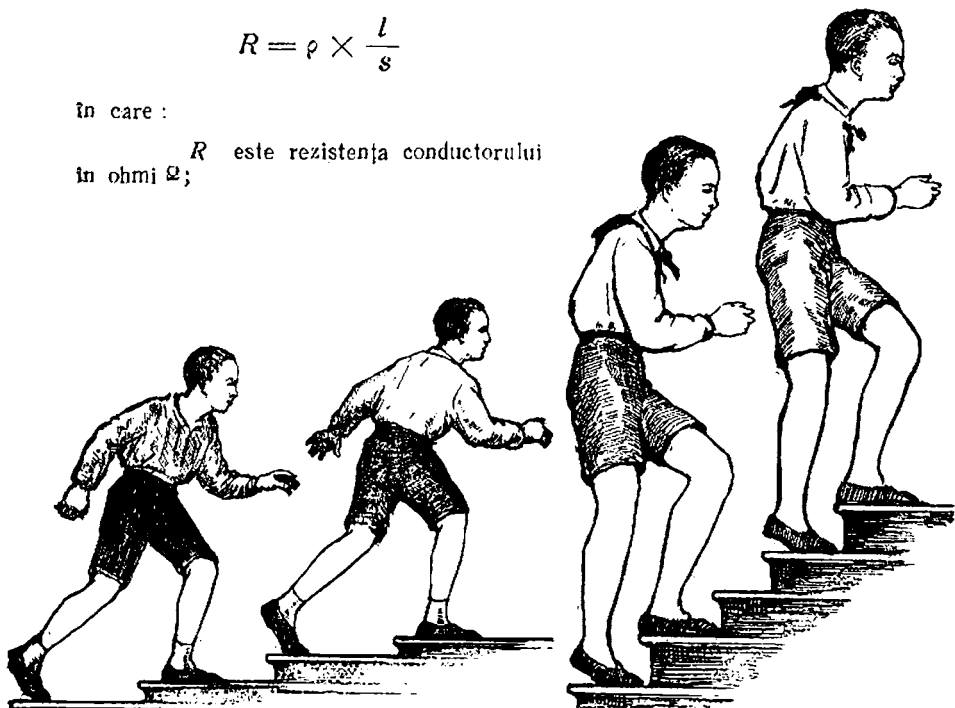


Fig. 11. a, b. — Căruța pe o scară înaltă este grea. Trecerea curentului printr'un fir lung este mai grea decât printr'unul scurt

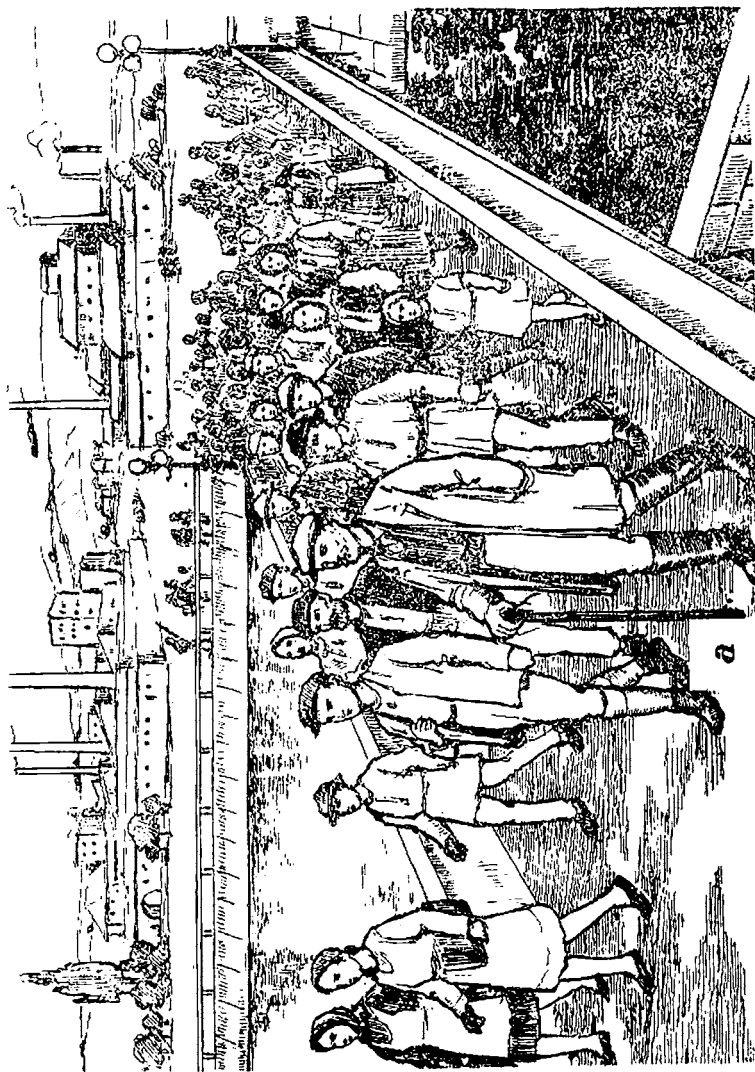


Fig. 12. a. — Se circula lesne pe un pod larg, asemenea și curentul electric trece ușor printr'un conductor gros



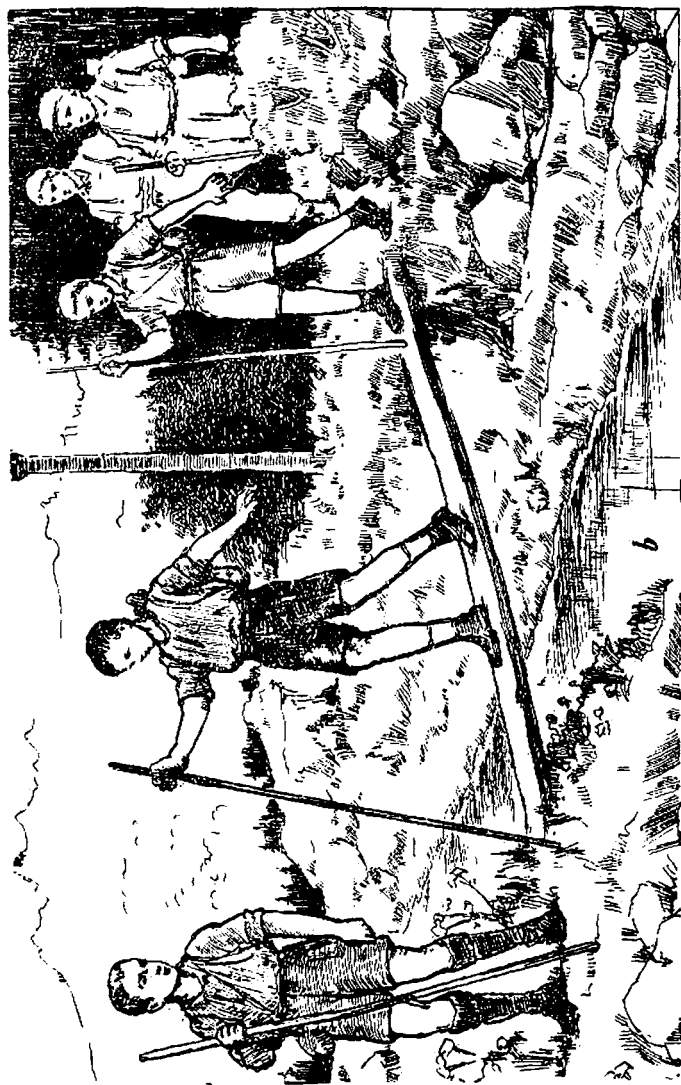


Fig. 12 b. — Se circulă greu pe o punte îngustă, asemenea și curentul electric trece mai greu printr'un conductor subțire



Fig. 13 a, b, c. — Circulația se face mai greu sau mai ușor după felul drumului. Tot așa trecerea curentului electric depinde de felul conductorului

$l$  este lungimea lui în m ;  
 $s$  este grosimea lui în mm<sup>2</sup> ;

$\rho$  (literă grecească care se citește ro) este rezistența specifică a conductorului.

Dacă ne folosim de un conductor lung de 1 m, gros de 1 mm<sup>2</sup> rezistența lui este egală cu rezistența lui specifică :

$$R = \rho \times \frac{1}{1} = \rho.$$

Deci: *Rezistența specifică a unui conductor este rezistența unui conductor lung de 1 m și cu grosimea de 1 mm<sup>2</sup> la 20°.*

Ea diferă de la un material la altul.

Formula de mai sus, care ne permite să calculăm rezistența în ohmi, a unui conductor, fără a o mai măsura, este de foarte mare importanță în tehnică.

Ea se exprimă astfel :

Rezistența unui conductor este egală cu produsul dintre rezistența specifică și lungimea lui, împărțit prin secțiunea transversală.

Pentru a o putea aplica trebuie să cunoaștem valorile lui  $\rho$ . Ele sunt arătate în tabela de mai jos pentru câteva corpuri în-  
 trebuință mai des.

T A B E L A 1

Metale și aliaje uzuale

Materialul	Rezistența specifică la 20°	Coefficient de temperatură
Argint . . . . .	0,016	. . . . 0,0038
Cupru . . . . .	0,0175	. . . . 0,0040
Aluminiu . . . . .	0,030	. . . . 0,0040
Wolfram . . . . .	0,055	. . . . 0,0041
Zinc . . . . .	0,062	. . . . 0,0039
Nichel . . . . .	0,09	. . . . 0,0060
Platină . . . . .	0,095	. . . . 0,0038
Fier . . . . .	0,13	. . . . 0,0055
Mercur . . . . .	0,958	. . . . 0,0009
Aliaje :		
Alama . . . . .	0,08	. . . . 0,0015

Din tabelă se constată că rezistența specifică cea mai mică o are argintul, după care urmează cuprul (arama) cu o rezistență puțin mai mare, apoi alumiul cu rezistența de aproape 1,7 ori mai mare decât a cuprului. Fierul are o rezistență de aproape 8 ori mai mare decât a cuprului.

Unele aliaje ale metalelor au rezistențe foarte mari: nichelina, de pildă, e mai rezistentă de aproape 23 ori decât cuprul.

Nu numai metalele, dar și alte corpuri permit trecerea curentului, dar rezistențele lor sunt cu mult mai mari.

Firul de cărbune din lămpile electrice are o rezistență specifică de 200 ori mai mare decât a cuprului, iar alte feluri de cărbune au rezistențe cu mult mai mari.

Soluțiile în apă ale acizilor, bazelor și sărurilor sau aceste

T A B E L A

**Metale și aliaje cu mare rezistență**

Materialul	Rezistența specifică la 20°	Coefficientul de temperatură
Nichelina (din cupru nichel și mangan)	. 0,4	0,00022
Manganinul (din aceleași corpuri dar alte proporții)	. 0,42 .	neînsemnat
Constantanul (din cupru și nichel)	. 0,49 .	neînsemnat
Cromnichelul	. 1,1	0,0001
Grafitul	30	—

corpuri topite, conduc electricitatea, dar au rezistențe mari. Vom vedea mai departe că la trecerea curentului ele se descompun datorită fenomenului chimic.

Gazele au și ele o rezistență mare.

Sunt însă unele corpuri care au rezistențe specifice foarte mari, atât de mari încât curentul în mod practic nu mai poate trece prin ele. Astfel sunt: sticla, porțelanul, mica, marmora, cauciucul, bumbacul, mătasea, hârtia, lemnul, etc. Asemenea corpuri nu mai pot fi socotite conducătoare de curent electric. Ele se numesc *izolanți electrici* și au o mare utilizare.

Orice conductor prin care trece un curent electric trebuie să fie separat de corpurile înconjurătoare printr'un izolanț.

Altfel curentul ar lua diferite drumuri prin acele corpuri în loc de a rămâne numai în conductor.

Lucrurile se întâmplă la fel cu un curent de apă care este condus prin țevă pentru a ajunge acolo unde este nevoie. Țeava este un fel de izolanț pentru lichide; conductele electrice se izolează cu cauciuc și alte corpuri care opun o rezistență foarte mare la trecerea curentului.

Cuprul și alumiul, având rezistivitățile cele mai mici, sunt metalele cele mai folosite pentru fabricarea conductoarelor electrice.

În rezumat, din punct de vedere al rezistivității, corpurile se împart în trei categorii :

1. Corpuri bune conducătoare de electricitate, care au o rezistivitate mică. Acestea sunt metalele și aliajele lor.

2. Corpuri rele conducătoare de electricitate sau izolante, care au o rezistivitate foarte mare. Astfel sunt o serie de corpuri solide (cele mai folosite au fost indicate mai sus), lichidele și gazele.

3. Corpuri care lasă să treacă curentul electric dar totodată sunt descompuse. Ele se numesc *electroliti*.

Rezistența pe care o opune un conductor unui curent electric se poate asemăna cu piedicile pe care călătorii le întâmpină pe diferite drumuri.

Pe un drum bătut mersul este ușor, fără greutate; pe un drum cu bolovani, mersul este mai greu, iar pe un drum presărat cu stânci colțuroase mersul este și mai greu.

*Aplicații.* Sârma de cupru izolată pentru alimentarea unei lămpi de masă are o lungime de 6 m, iar grosimea este de 0,75 mm<sup>2</sup>. Rezistența este:

$$R = 0,0175 \times \frac{6}{0,75} = 0,14 \, \Omega.$$

---

\*) Rezistența specifică se mai numește și rezistivitate.

10. **Rezistența variază cu temperatura.** În experiențele arătate, (fig. 10) să ne folosim și de un termometru pe care să-l introducem în interiorul înfășurării bobinei).

Să presupunem că, la început, temperatura arătată este de 20°. Măsurăm intensitatea cu un ampermetru.

După câțva timp, sârma se încălzește, iar termometrul arată o creștere de temperatură, de exemplu, dela 20° la 60°. Măsurăm din nou curentul și găsim o intensitate mai mică. Deoarece nu s'a schimbat nimic, afară de temperatură, deducem că rezistența conductorului a crescut din cauza creșterii temperaturii.

Să presupunem că înfășurarea de mai sus este dintr'o sârmă de cupru lungă de 100 m cu grosimea de 1 mm<sup>2</sup>.

Rezistența la 20° stabilită cu ajutorul formulei este :

$$R = 0,0175 \times \frac{100}{1} = 1,75 \Omega.$$

La 60° rezistența măsurată este de 2,030  $\Omega$ . Să împărțim creșterea rezistenței 2,030—1,75=0,280  $\Omega$  prin creșterea de temperatură 60—20=40. Vom găsi :

$$\frac{0,280}{40} = 0,007 \Omega.$$

Deci, pentru fiecare grad de creștere a temperaturii, rezistența de 1,75  $\Omega$  a sporit cu 0,007  $\Omega$ , adică la fiecare 1  $\Omega$  avem un spor de rezistență pentru fiecare grad de încălzire de :

$$\frac{0,007}{1,75} = 0,004 \Omega.$$

Această cifră se numește *coeficient de variație a rezistenței cu temperatura*. El are diferite valori, după felul materialului, așa după cum se arată în tabelă.

Unele aliaje de metale aproape nu-și schimbă rezistența în funcție de temperatură ; astfel sunt : manganinul (din cupru, mangan și nichel), constantanul (din cupru și nichel) și altele.

Sunt însă unele corpuri a căror rezistență *scade* când temperatura crește. Astfel cărbunele și lichidele.

Deci : *Rezistența corpurilor variază cu temperatura.*

De aceea :

Trebuie să precizăm întotdeauna la ce temperatură este socotită rezistența.

Valorile lui  $\rho$  în tabela I sunt stabilite la temperatura de 20°.

Proprietatea de mai sus este folosită pentru a construi *termometre electrice*.

O rezistență care face parte dintr'un circuit este, pusă în locul în care voim să măsurăm temperatura.

Prin metode pe care le vom învăța se măsoară rezistența și din ea se deduce numărul de grade cu care s'a încălzit, față de starea dela început.

**11. Aparate de rezistențe.** În electricitate avem adeseori interesul să modificăm intensitatea curentului într'un circuit. Am văzut că aceasta se poate lesne realiza variind rezistența.

În tehnică se folosesc aparate constituite din mai multe rezistențe diferite care se pot lega pe rând sau mai multe odată într'un circuit electric.

În fig. 14 se vede un asemenea aparat denumit *cutie cu rezistențe*, pe care putem să o comparăm cu o cutie de greutate, folosită la cântărit, la balanța cu 2 talere. În interiorul ei sunt mai multe înfășurări de sârme, fiecare având o anumită rezistență. De exemplu : 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, ohmi. Capetele fiecărei înfășurări sunt legate la câte două plăci groase de alamă așezate pe capacul cutiei din ebonită. Plăcile dela capete au câte un șurub de contact prin care cutia cu rezistențe se leagă într'un circuit.

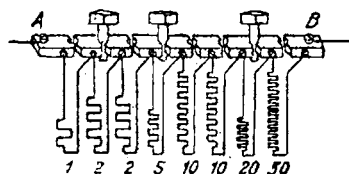


Fig. 14. — Cutie cu rezistențe

Între două plăci de alamă se poate face contact cu ajutorul unui dop, lot de alamă (fișă).

Folosindu-ne de mai multe asemenea fișe putem realiza diferite combinații de rezistențe.

Dacă fișele sunt așezate după cum se arată în figură, curentul va trece prin rezistența de 50  $\Omega$ , prin fișă, prin rezistența de 10  $\Omega$ , prin a doua rezistență de 10  $\Omega$ , prin fișă, prin rezistența de 2  $\Omega$ , prin fișă și prin rezistența de 1  $\Omega$  deci cu totul :  $50 \Omega + 10 \Omega + 10 \Omega + 2 \Omega + 1 \Omega = 73 \Omega$ .

În alte poziții ale fișelor se fac alte combinații și se obțin alte valori ale rezistenței totale.

Se folosesc și alte aparate a căror rezistență poate fi variată prin mici trepte. Aceste aparate se numesc *reostate*.

Un astfel de reostat, se compune dintr'un cilindru izolan pe care s'a înfășurat o sârmă izolată de metal, cu mare rezistență.

Cele două capete ale conductorului sunt legate la bornele

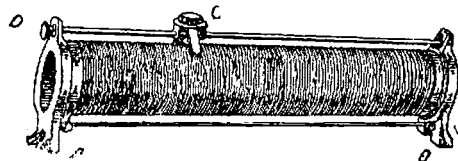


Fig. 15. a. — Reostat cu cursor

A și B. Deasupra cilindrului se poate mișca un cursor de-a-lungul unei bare metalice. (Fig. 15a).

Sârma este desvelită de izolația ei de-a-lungul acestei bare, astfel că în alunecare, cursorul stabilește contact cu diferite puncte ale mosorului de sârmă.

Se intercalează această rezistență într'un circuit electric, legând-o de exemplu de borna A și la borna D. Curentul va trece prin sârmă prin porțiunea care se află între A și C. Deplasând cursorul la dreapta, această porțiune se lungeste; deplasându-l la stânga, se scurtează. Rezistența se mărește în primul caz, căci se lungeste

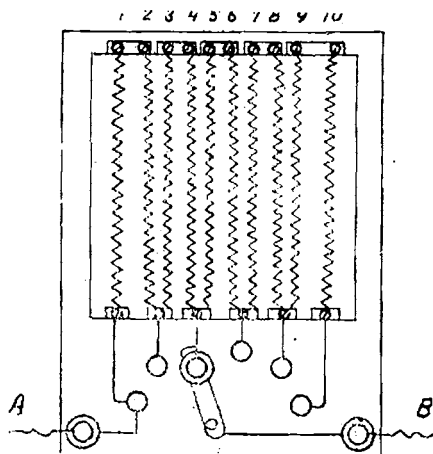


Fig. 15. b. — Reostat cu maneta

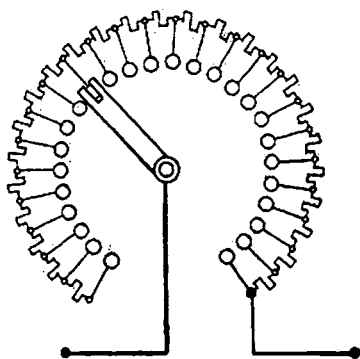
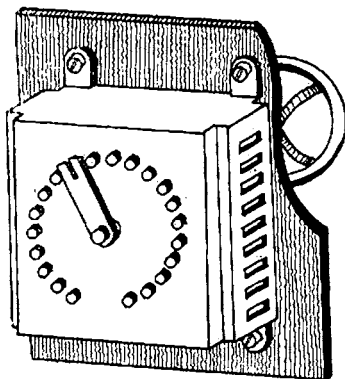


Fig. 15. c. — Reostat pentru mașini electrice



sârma prin care trece curentul, și se micșorează în al doilea caz, căci sârma se scurtează.

Un alt fel de reostat este arătat în fig. 15 b, compus din mai multe înfășurări de sârmă de fier, legate, cum se arată, pe un cadru.

La partea de jos, o manetă metalică se poate roti deplasându-se de pe un contact pe altul.

Aparatul se intercalează în circuitul electric legându-l la clemele *A* și *B*.

Dacă maneta este în poziția din fig. 15 b, curentul va trece prin 1, 2, 3, 4, apoi prin manetă și la clema *B*.

Deplasând maneta la dreapta se vor intercala în circuit mai multe rezistențe; deplasând maneta la stânga rămân în circuit mai puține rezistențe.

Reostatele cu manetă se instalează la motoarele și generatoarele electrice.

Înafara rezistențelor variabile se folosesc în electricitate și rezistențe fixe. La instalațiile de radio sunt necesare rezistențe fixe care au sute de mii și chiar milioane de ohmi.



Fig. 16. — Rezistență fixă pentru radio

**12. Forța electromotoare.** După cum am văzut, apariția și circulația curentului sunt datorite pilei electrice. Dacă scoatem pila, în circuit nu mai este curent; dacă înlocuim pila prin alta mai puternică, în circuit se va produce un curent cu o intensitate mai mare.

Deci în pilă este cauza sau forța motoare a curentului. Și fiindcă este o mișcare de electricitate o numim: *forță electromotoare* (prescurtat vom scrie f. e. m.). În formule se notează cu *E*.

Sunt diferite surse de curent cu diferite forțe electromotoare.

Cum le măsurăm? Prin efectul lor, adică prin curentul pe care-l produc.

Dacă într'un circuit, printr'o rezistență de 1  $\Omega$  trece un curent cu intensitatea de 1 A, atunci forța electromotoare a acelei surse (pile) este de 1 volt, dacă trece un curent de 2 A. forța electromotoare este de 2 volți și așa mai departe.

Deci voltul este unitatea de măsură pentru forțele electromotoare.

Prescurtat se notează cu litera V. În tehnică se folosesc adesea tensiuni mari. Ele se măsoară cu o unitate de 1000 ori mai mare, kilovoltul, prescurtat kV.

Deci  $1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$ .

Uneori se întrebuințează tensiuni foarte mici; ele se măsoară cu milivoltul care este a 1000 parte dintr'un volt și se înseamnă mV.

Deci:  $1 \text{ V} = 1000 \text{ mV}$ .

Denumirea de volt a fost dată după numele învățatului Volta care a făcut descoperiri importante în electricitate.

Elementele galvanice, cu care am făcut experiențele până acum, au o forță electromotoare de 1,45 V. Sunt însă surse de curent cu forțe electromotoare mai mari. Acestea sunt mașinile generatoare de curent care produc f. e. m. de sute și chiar de mii de volți.

**13. Legea lui Ohm.** Din experiențele făcute până acum am observat că într'un circuit electric intensitatea curentului se schimbă dacă variază forța electromotoare sau rezistența.

Fizicianul Ohm a arătat, că într'un circuit electric :

a) Intensitatea curentului crește, când crește forța electromotoare aplicată și scade, când scade forța electromotoare.

b) Intensitatea curentului crește, când scade rezistența și scade, când crește rezistența.

Pe baza acestor constatări el a stabilit următoarea lege :

Intensitatea curentului într'un circuit este direct proporțională cu forța electromotoare aplicată și invers proporțională cu rezistența conductorilor circuitului.

Aceasta este legea lui Ohm. Ea se exprimă, pe scurt, în baza notațiilor de mai sus, prin formula :

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

Formula se poate scrie și sub forma :

$$R = \frac{E}{I} \text{ sau } E = I \times R ,$$

și care exprimă că :

*Intensitatea curentului este egală cu forța electromotoare aplicată, împărțită prin rezistența conductorului.*

*Aplicații:* 1. Cât este intensitatea curentului într'un circuit în care  $E = 40 \text{ V}$ , iar  $R = 10 \text{ } \Omega$ ?

$$I = \frac{40}{10} = 4 \text{ A.}$$

2. Care este forța electromotoare aplicată unui circuit, știind că intensitatea este  $8 \text{ A}$ , iar rezistența  $6 \text{ } \Omega$

$$E = 8 \times 6 = 48 \text{ V.}$$

3. Care este rezistența unui circuit, știind că forța electromotoare aplicată este de  $110 \text{ V}$ , iar curentul de  $0,5 \text{ A}$ .

$$R = \frac{110}{0,5} = 220 \text{ } \Omega.$$

**14. Asemănarea între curentul electric și mișcarea unui fluid.** Vorbim dela începutul acestor lecții de curent electric. Dar tot curent numim și curgerea unei ape: curs de apă, curent de apă sau de alte fluide.

În vreo două împrejurări am și văzut că sunt asemănări.

Să cercetăm mai de aproape lucrurile. Toți am văzut un râu în câmpie, cum este Dâmbovița la București. El curge încet, uneori nici nu știi dacă mai curge.

Cei ce au fost la munte și au văzut acolo Dâmbovița sau alt râu, au observat că apa cade de pe o piatră pe alta cu înălțare mare.

Dece această deosebire? La șes, între două puncte în lungul râului, diferența de înălțime este foarte mică, pe când la munte este foarte mare.

Dacă nu ar fi nici o diferență, apa ar sta pe loc, așa cum se întâmplă în lacuri.

Deci, numai diferența de înălțime sau, cum o mai numim, diferența de nivel, mișcă apa dela un punct la altul al albiei unui râu.

Și curentul electric trebuie să se producă tot datorită unei cauze asemănătoare.

Dar observăm o oarecare deosebire: apa curge dela munte la vale și pare că nu se mai întoarce, pe când la curentul electric avem un circuit închis direct.

În realitate, și apa în natură urmează un circuit închis. Ajunsă în mări, acolo se produc evaporări intense; vaporii sunt

împinși sub formă de nori, care se transformă în ploaie sau zăpadă, mai ales la munte.

Apa ajunge astfel din nou în albia râului.



Fig. 17. — Râuri cu căderi diferite

Lucrurile se petrec ca și cum pompe uriașe ar trage apa mării și ar împinge-o în sus.

Deci și apa urmează un drum închis, un circuit închis.

Dar să urmărim mersul apei într'un circuit mai scurt, la îndemâna noastră, așa ca să putem face diferite observațiuni.

Să presupunem două vase așezate unul mai sus și altul mai jos, după cum arată fig. 18, și legate între ele printr'o țevă (conductă).

Ump'em cu apă vasul de sus; după un timp tot lichidul se va scurge în cel de jos, pentru că între ele este o *diferență de nivel*. Dacă vasele sunt la același nivel, dar sunt închise și apa supusă la presiuni diferite, lichidul va trece dintr'un vas în celălalt din cauza *diferenței de presiune*.

Să măsurăm cantitatea de apă scursă, fie 20 litri, iar durata scurgerii 50 de secunde,

$$\frac{20 \text{ l}}{50 \text{ s}} = 0,4 \text{ l/s}$$

este debitul scurs prin conductă, adică este cantitatea de apă care a trecut prin conductă într-o secundă.

*Debitul este asemănător intensității curentului.*

Să înlocuim țeava prin alta mai lungă; debitul va fi mai mic. Să înlocuim țeava cu alta cu diametrul mai mare, debitul va fi mai mare.

*Conducta (țeava) este deci asemănătoare conductorului electric opunând și ea o rezistență la trecerea apei.*

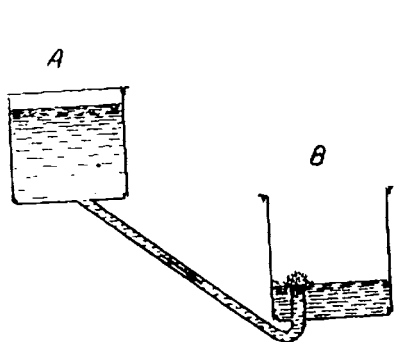


Fig. 18. — Mișcarea unui lichid

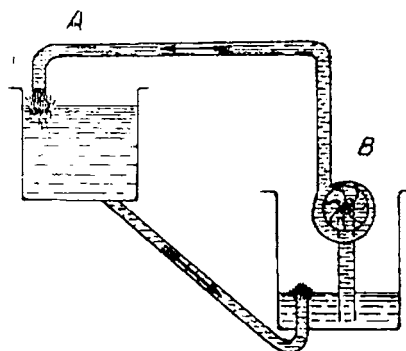


Fig. 19. — Circuitul unui lichid

Curentul de apă curge între cele două vase, atâta timp cât este o *diferență de înălțime sau de presiune între ele*.

Dacă vrem ca între vasele A și B apa să se scurgă în continuu trebuie să instalăm o pompă, prin a cărei forță motoare se produce și se menține mereu diferența de înălțime între A și B. În felul acesta am realizat un curs de apă, cu un circuit continuu al apei.

La fel este și în electricitate.

Curentul electric curge de la o bornă la cealaltă a conductorului atât timp cât este o diferență de înălțime electrică între acele puncte.

Sursa de curent (pila) creează și menține diferența de înălțime (presiune) electrică între bornele ei; ea realizează aceeași datorită forței ei electromotoare.

Diferența de înălțime (sau presiune) electrică o numim *diferența de potențial* sau *tensiune*.

Ea, fiind creată de o forță electromotoare, se măsoară tot în volți și se înseamnă în formule cu

Prin urmare, de ținut minte:

Curentul electric, între două puncte ale unui conductor, îl constatăm atâta timp cât este o tensiune între acele puncte. Tensiunea este produsă de o forță electromotoare.

Tensiunea se măsoară prin efectul pe care-l produce, adică prin curent.

Aparatul de măsură este, de aceea, asemănător cu ampermetrul, dar se numește voltmtru (să nu se confunde cu voltmtrul).

*Aplicații:* Tensiunea la bornele unui bec electric este de 220 V, rezistența firului de metal al becului este de 300      Cât este curentul?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{300} = 0,73 \text{ A.}$$

**15. Cantitatea de electricitate.** În experiența de mai sus, am văzut că la trecerea apei dintr'un vas în celălalt debitul era de 0,4 litri/secundă, iar durata scurgerii 50 de secunde.

Cantitatea totală de apă transportată este:

$$Q = 0,4 \times 50 = 20 \text{ litri.}$$

La fel și în electricitate: înmulțind intensitatea curentului, cu timpul  $t$  obținem *cantitatea de electricitate*.

$$Q = I \times t = \text{amperi secunde.}$$

Dacă  $I = 1 \text{ A}$  și  $t = 1 \text{ s}$ ,  $Q = 1 \times 1 = 1 \text{ amperi secundă.}$

Cantitatea de electricitate transportată printr'un conductor, de un curent cu intensitatea de un amper în timp de o secundă, se numește coulomb. Coulombul este unitatea de măsură pentru cantitățile de electricitate.

1 coulomb = 1 ampersecundă.

Invers, deducem că:

$$I = \frac{Q}{t},$$

iar dacă  $Q = 1$  coulomb și  $t = 1$  secundă

$$I = \frac{1}{1} = 1 \text{ amper.}$$

Deci, un curent care transportă un coulomb într-o secundă are intensitatea de un amper.

Denumirea de coulomb a fost dată după numele fizicianului Coulomb (citește Culomb), care a făcut descoperiri în electricitate.

Dacă ne reamintim de experiențele precedente, rezultă că un coulomb trecând prin voltmetru depune 1,118 mg de argint.

**16. Ramificarea curenților.** Până acum am avut numai circuite simple, formate din câte o forță electromotoare și o rezistență.

Cu ajutorul legii lui Ohm am determinat intensitatea curentului. În instalațiile pentru folosirea electri-

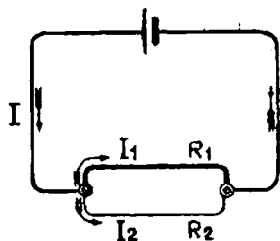


Fig. 20. — Circuit cu două ramificații



Fig. 21. — Curent de apă ramificat

tății sunt însă și circuite mai complicate. Astfel sunt circuitele cu două sau cu mai multe ramificații.

Un asemenea circuit se aseamănă cu un curent de apă care se ramifică într'un punct, iar apoi ramificațiile se unesc din nou.

Curentul de apă care vine este egal cu suma curenților care pleacă prin cele două ramuri.

La fel se întâmplă și curentului electric. Deci :

Dacă se ramifică un curent electric, suma curenților care vine spre nodul de ramificare este egală cu suma curenților care pleacă.

$$I = I_1 + I_2 .$$

Aceasta se numește *prima lege a lui Kirchhoff*, după numele învățatului care a stabilit-o.

Cât sunt de mari curenții în ramificații ? Cu cât rezistența unei ramuri este mai mare cu atâta intensitatea curentului este mai mică. Dacă rezistențele sunt egale, curenții sunt egali.

Dacă una din rezistențe este, de exemplu, de trei ori mai mare decât cealaltă, intensitatea curentului acelei ramuri va fi de trei ori mai mică.

Aceste constatări se pot exprima prin formula :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \text{ sau } I_1 R_1 = I_2 R_2 .$$

Aceasta este *a doua lege a lui Kirchhoff*.

Legile lui Kirchhoff se aplică oricare ar fi numărul ramificațiilor. Astfel, pentru patru ramificații :

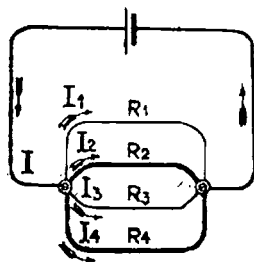


Fig. 22. — Circuit cu patru ramificații

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \text{ și}$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = I_4 R_4 .$$

Aceste legi sunt foarte importante, căci ne permit să determinăm curenții în circuite mai complicate. Ajungând la asemenea circuite trebuie să învățăm și modul de reprezentare grafică (adică prin desen) al aparatelor electrice din fig. 23.

Semnele se numesc *simboluri grafice*

Ele au un rol asemănător cu al semnelor convenționale din hărți.



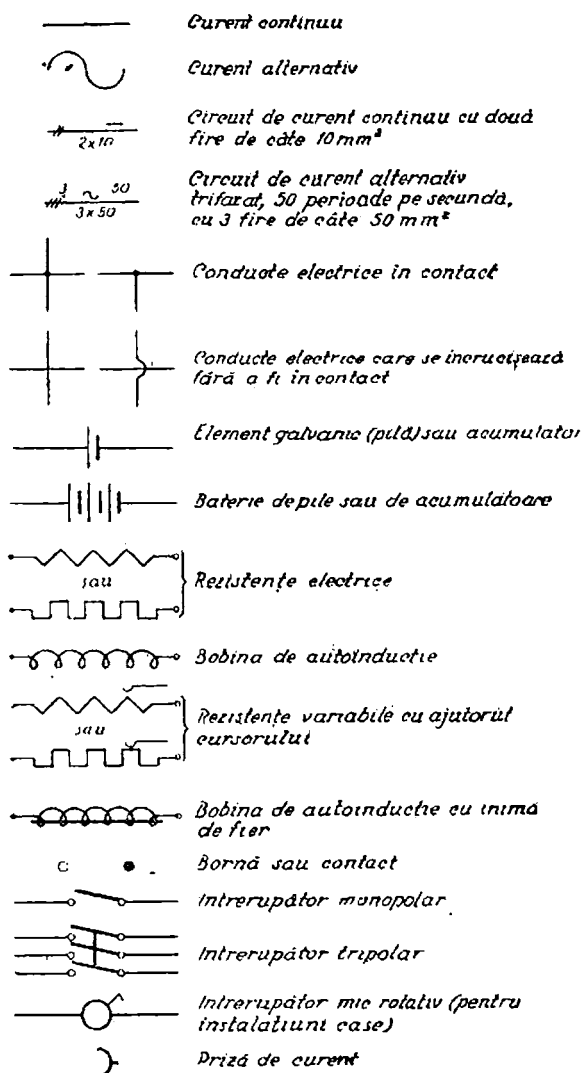


Fig. 23-a. — Simboluri grafice pentru instalațiile electrice

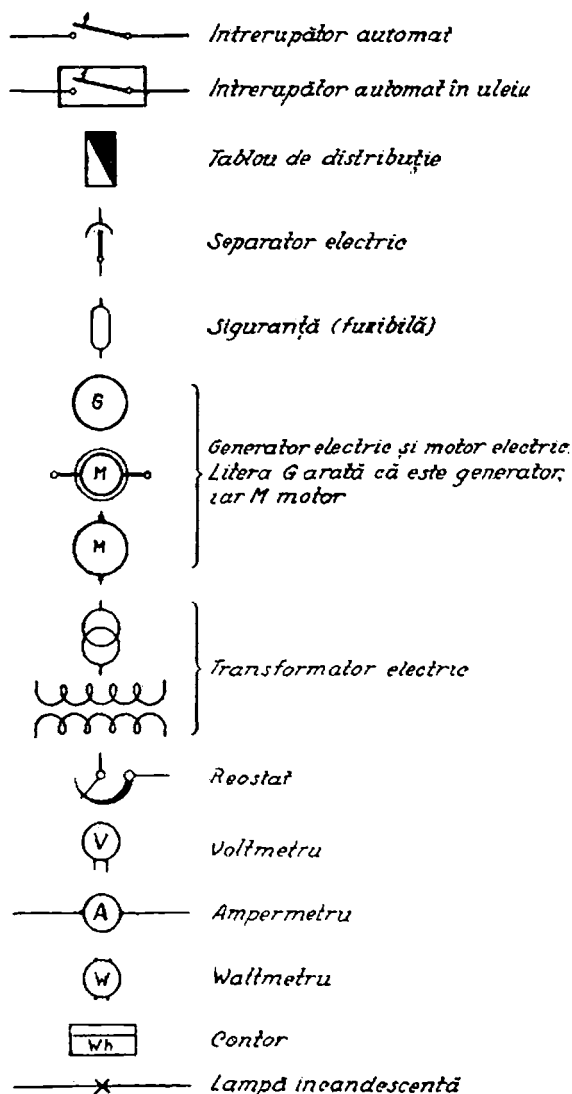


Fig. 23 b. — Simboluri grafice pentru instalațiile electrice

Cu simboluri grafice vom face planurile instalațiilor electrice.

**17. Legarea rezistențelor într'un circuit. Rezistențe în serie.**  
Ne folosim de cutia de rezistențe din fig. 14 și așezăm fișele astfel ca rezistențele de 10, 20 și 50 să fie unite una după alta. Ele formează deci un șir sau un *montaj în serie*.

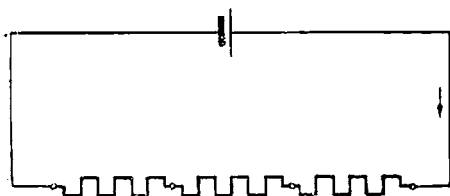


Fig. 24. — Rezistențe în serie

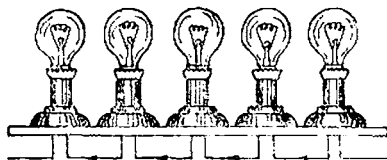


Fig. 25. — Instalarea becurilor în serie.

La montajul în serie același curent străbate pe rând diferitele părți ale circuitului.

Bornele cutiei le legăm la o sursă de curent având tensiunea de 220 V. Măsurăm curentul cu un ampermetru și găsim 2,75 A.

Folosindu-ne de legea lui Ohm, calculăm rezistența totală a circuitului.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{220}{2,75} = 80 \, \Omega,$$

dar adunând cele trei rezistențe, găsim :

$$10 + 20 + 50 = 80 \, \Omega$$

adică aceeași cifră.

Aceasta dovedește că, la montajul în serie, rezistențele legate în circuit, pot fi înlocuite, în calcul, prin suma lor.

Deci :

Rezistența totală este egală cu suma rezistențelor legate în serie.

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Rezistențele în serie sunt străbătute toate de același curent, lucru care se dovedește montând ampermetrul în diferite locuri ale circuitului.

Un bec electric este format dintr'un fir cu mare rezistență închis într'un glob de sticlă din care s'a scos aerul.

Putem lega mai multe becuri (deci rezistențe) în serie. Dar, în acest caz, dacă rezistența unui bec se arde, circuitul va fi întrerupt și, deci, toate becurile se vor stinge. De aceea în mod obișnuit, becurile nu se leagă în serie.

*Rezistențe în derivație.* Fig. 26 ne arată un circuit ramificat. Rezistențele sunt una lângă alta și sunt denumite în *paralel* sau în *derivație*.

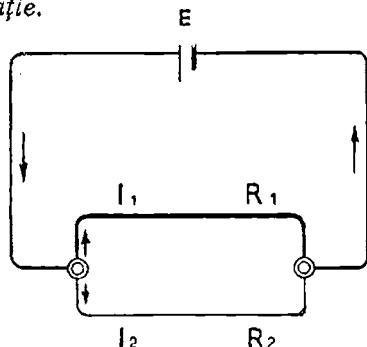


Fig. 26. — Rezistențe în paralel

La montajul în derivație sau paralel, curentul se împarte și prin fiecare ramură trece, în același timp, numai câte o parte din curentul total.

Ramificațiile sunt străbătute de curenți diferiți, așa după cum am văzut mai înainte, spre deosebire de montajul în serie la care același curent străbate pe rând toate părțile circuitului.

Circuitul din figură are, de exemplu:

$$E = 6 \text{ V}, R_1 = 2 \, \Omega \text{ și } R_2 = 3 \, \Omega.$$

Cu ajutorul unui ampermetru găsim intensitatea curentului total egală cu 5 A.

Dar, prin calcul, nu putem ajunge la aceiași rezultat? Dacă am avea o singură rezistență am aplica legea lui Ohm.

Iată însă ce observăm: să înlocuim cele două rezistențe cu valoarea dedusă prin formula

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 1,2 \, \Omega.$$

Să aplicăm acum legea lui Ohm.

$$I = \frac{E}{R} = \frac{6}{1,2} = 5 \text{ A.}$$

Prin urmare, suma a două rezistențe în paralel se calculează din formula de mai sus.

Mai observăm că această formulă se mai poate scrie:

$$\frac{I}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Ea se aplică pentru oricâte rezistențe în derivație.

Dacă mai multe rezistențe sunt legate în paralel, rezistența unică cu care ele pot fi înlocuite rezultă din :

$$\frac{I}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

Deci cele două rezistențe în derivație pot fi înlocuite în calcul cu valoarea  $R$  dedusă din formula de mai sus.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

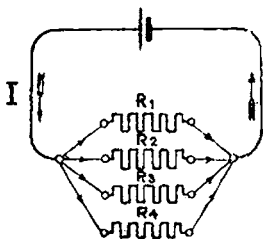


Fig. 27. — Mai multe rezistențe în derivație

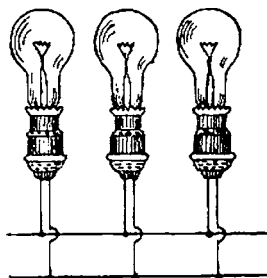


Fig. 28. — Instalarea becurilor în derivație

Dacă becurile se leagă în derivație, defectarea sau stingerea unuia nu împiedică pe celelalte să funcționeze.

De aceea, de obicei, becurile se instalează în derivație.

În general, toate aparatele receptoare de curent se instalează în derivație.

**18. Legarea forțelor electromotoare.** Să legăm mai multe surse de curent electric, (pile, etc.), ca în fig. 29, în așa fel ca borna + a uneia să fie legată cu borna — a sursei următoare și așa mai departe.

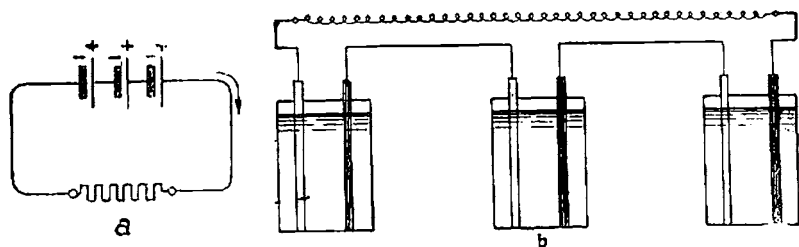


Fig. 29. a, b. — Forțe electromotoare în serie

Acest șir de surse de curent va avea deci la capete o bornă + și alta —. Ca și la montajul în serie al rezistențelor, același curent va trece prin toate sursele de curent.

Un asemenea montaj se numește *în serie*. Forțele electromotoare se adună.

Deci, *forța electromotoare a întregului șir va fi egală cu suma forțelor electromotoare care compun șirul.*

$$E_{total} = E_1 + E_2 + E_3.$$

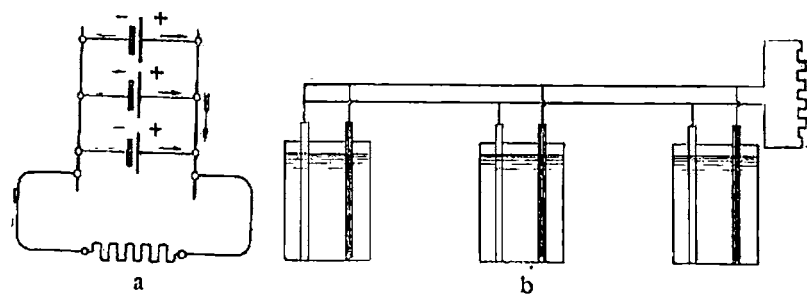


Fig. 30. a, b. — Forțe electromotoare în paralel

*Aplicații:* Fie trei pile având f. e. m. :

2 V, 4 V, 6 V. Forța e. m. totală este egală cu :

$$V_{\text{total}} = 2 + 4 + 6 = 12 \text{ V.}$$

Să legăm între ele toate bornele  $+$  ; de asemenea să legăm între ele toate bornele  $-$  ale mai multor surse de curent, *de aceeași mărime  $E$ .*

Un asemenea montaj se numește în derivație sau paralel. În- tre borna comună  $+$  și borna comună  $-$  constatăm cu ajutorul unui voltmetru că avem aceeași forță electromotoare  $E$ .

Ca și la montajul în derivație al rezistențelor, prin fiecare sursă de curent trece câte o parte din curentul total.

*Deci: la montajul în paralel forța electromotoare între bornele comune rămâne neschimbată.*

Montajul în serie și în paralel se aseamănă cu montajul pompelor de apă din fig. 31 și 32.

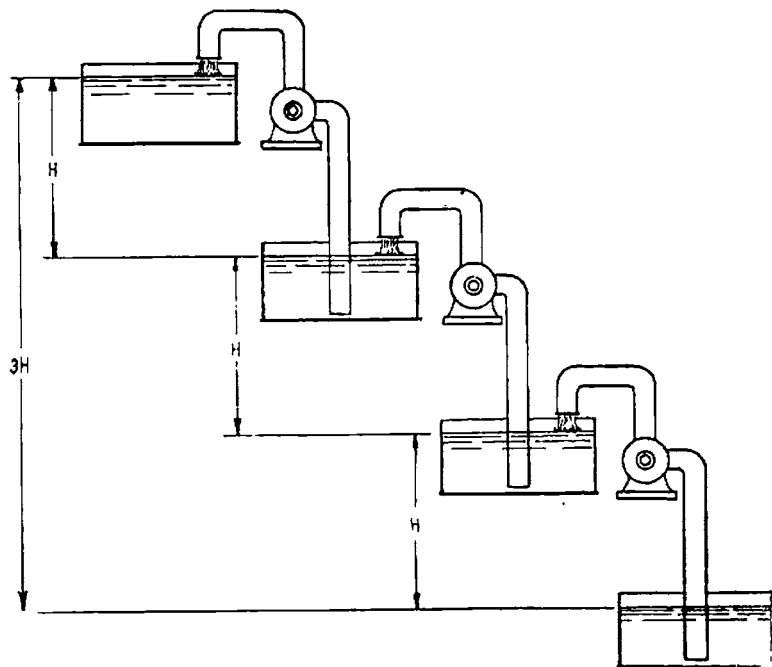


Fig. 31. — Pompe în serie

La montajul în serie al pompelor, figura 31, obținem o diferență de înălțime mai mare, dar debitul fiecărei pompe este același.

La montajul în paralel al pompelor, figura 32, diferența de înălțime rămâne aceeași, dar debitul în conducta comună este de trei ori mai mare decât acela care trece prin fiecare pompă.

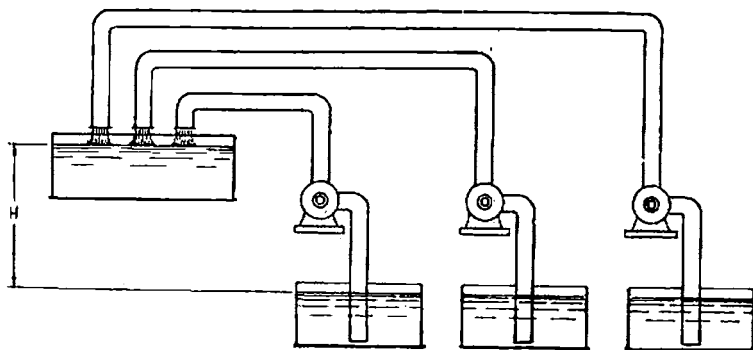


Fig. 32. — Pompe în paralel

19. Căderea de tensiune. Să montăm circuitul arătat în fig. 33 compus dintr'o sursă de curent și trei rezistențe de 60, 40 și 10  $\Omega$ , parcurs de un curent având intensitatea de 2 A. Cu ajutorul unui voltmetru să măsurăm tensiunea menținând o clemă a acestuia la borna A a sursei de curent, iar cealaltă clemă o vom muta în diferite puncte ale circuitului prin care trece curentul.

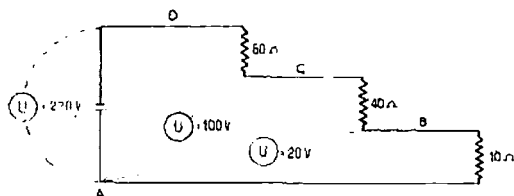


Fig. 33. — Căderea de tensiune într'un circuit electric

Vom constata că între punctul A și D, adică între bornele sursei de curent avem 220 V, ceea ce puteam deduce și prin calcul folosindu-ne de legea lui Ohm:

$$U = R I = 110 \times 2 = 220 \text{ V.}$$



Să mutăm contactul în *C*, vom măsura la voltmetru 100 V, care este egal cu

$$220 - 2 \times 60 = 220 - 120 = 100 \text{ V.}$$

Să mutăm contactul în *B*, vom măsura la voltmetru 20 V, care este egal cu

$$220 - (60 + 40) \cdot 2 = 220 - 100 \times 2 = 20 \text{ V.}$$

Constatăm că între *D* și *A* avem o scădere treptată de tensiune. Prin urmare:

**Într'un circuit electric tensiunea cea mai mare este între bornele sursei de curent; pe măsură ce ne îndepărtăm de sursă, tensiunea între două puncte ale circuitului scade.**

**Scăderea de tensiune este egală cu produsul dintre intensitatea curentului și rezistența porțiunii circuitului între sursă și acele puncte.**

Căderea de tensiune este un fenomen asemănător cu căderea de presiune într'o conductă prin care curge un lichid.

Fig. 34 ne arată cele două vase *A* și *B* legate prin conductă.

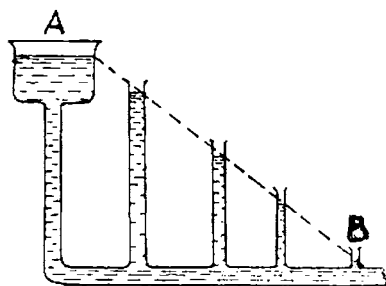


Fig. 34. — Pierdere de presiune într'un lichid în scurgere

Să instalăm mai multe tuburi verticale în lungul conductei. Vom constata că apa se ridică în ele la nivele în descreștere dela *A* la *B*.

Aceasta arată că într'o conductă, nivelul (sau presiunea) care împinge lichidul dela un punct la altul mai departe, dela *A* spre *B*, scade treptat. Deci, în lungul unei conducte avem o pierdere de presiune sau de înălțime. I.a

fel, într'un conductor electric avem o scădere de tensiune.

Dacă o conductă de apă este foarte lungă se poate ca la capătul *B*, presiunea să fie atât de mică încât scurgerea să fie foarte încetă. Se știe că în orașe, uneori pe străzile depărtate de uzină, presiunea apei este foarte redusă din cauza mai sus arătată.

La fel, dacă într'un circuit electric căderea de tensiune este prea mare, lămpile nu se mai aprind din cauza tensiunii prea mici.

De aceea, într'un circuit în care sunt aparate receptoare, utilizatoare de curent, căderea de tensiune trebuie să fie limitată.

*Aplicații:* Să se calculeze tensiunea la capetele a două sârme de cupru, lungi de 100 m, grosime de 4 mm<sup>2</sup>, legate la o sursă de curent de 220 V, și prin care trece un curent de 10 A.

$$U = E - RI = 220 - \frac{0.0175 \times 100}{4} \times 10 = 220 - 4,37 = 215,63 \text{ V.}$$

**20. Legarea surselor și receptoarelor de curent electric.** Receptoarele de curent: motoare electrice, rezistențe etc. sunt construite pentru o anumită tensiune. Tensiunile obișnuite sunt 110, 220 V și 380 V.

Din motivele arătate mai înainte receptoarele de curent se instalează de obicei în derivație. Fiecare receptor în derivație are nevoie de o anumită intensitate de curent pentru ca să funcționeze.

Sursa de curent va trebui să producă un curent egal cu suma curenților folosiți de toate receptoarele. Dar sursele de curent sunt construite pentru anumiți curenți maximi.

De aceea, deseori este nevoie să se instaleze mai multe surse de curent, în derivație, care împreună vor da curentul total necesar receptoarelor.

In concluzie:

In general sursele de curent se instalează în derivație; de asemenea și receptoarele.

Am demonstrat însă că receptoarele sunt construite pentru o anumită tensiune.

Aceasta ne arată că sârmele (conductele) de legătură între surse și receptoare trebuie să fie destul de groase pentru ca să nu fie o cădere de tensiune prea mare dela surse până la receptoare, căci, altfel, aparatele nu ar mai funcționa bine.

**21. Lucrul și puterea curentului.** In fața capătului de jos al conductei de legătură între vasele A și B, fig. 35, instalăm o morișcă. Pe arborele ei înfășurăm o sfoară de care atârnam o greutate.

Curentul de apă produce învârtirea moriștei și ridicarea greutății, deci produce un lucru mecanic, într'un anumit timp  $t$ .

Lucrul mecanic, pe care-l însemnăm pe scurt  $T$ , îl putem cal-

cula: el este egal cu greutatea apei care s'a scurs, înmulțită cu diferența de înălțime între vasele A și B.

$$T = GH.$$

Lucrul mecanic executat într-o secundă se numește *putere*, și se însemnează cu  $P$ .

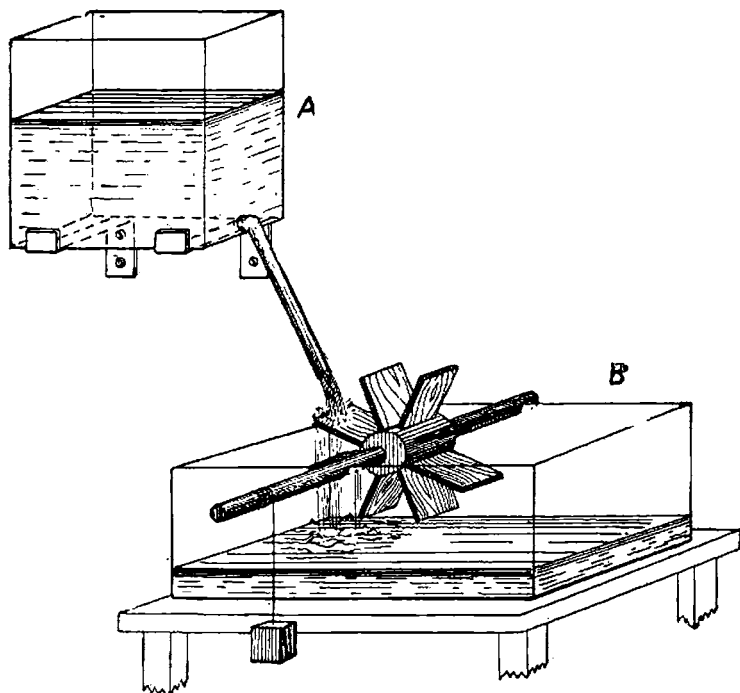


Fig. 35. — Lucrul mecanic produs de căderea apei.

$$P = \frac{GH}{t}.$$

Dar  $\frac{G}{t}$  fiind :

cantitatea de apă scursă într-o secundă, este *debitul de apă*, pe care-l însemnăm cu  $Q$ .

Deci :

$$P = Q H.$$

*Tot așa și curentul electric produce un lucru, care este egal cu cantitatea de electricitate (cantitatea de apă) înmulțită cu tensiunea (diferența de nivel).*

De exemplu: Dacă  $U$  este 110 V,  $I = 6$  A, iar durata trecerii curentului 3 secunde,  $T = 110 \times 6 \times 3 =$  voltampersecunde.

Deci:  $T = U \times I \times t =$  voltampersecunde.

Puterea este egală cu lucrul produs într'o secundă.

Deci, în cazul de față:

$$P = \frac{110 \times 6 \times 3}{3} = 110 \times 6 = \frac{\text{voltampersecunde}}{\text{secunde}} = 660 \text{ Voltamperi.}$$

*Voltamperul se numește Watt. După cum se constată: puterea se obține înmulțind tensiunea cu intensitatea.*

$$P = UI$$

Dacă  $U$  este 1 V iar  $I = 1$  A,  $P = 1 \times 1 = 1$  Watt.

Wattul este unitatea de putere folosită în electricitate și se notează cu W.

Pentru puteri mari se folosește o unitate de 1000 ori mai mare, kilowattul, notat cu kW.

Deci 1 kW = 1000 W.

Lucrul am văzut că este egal cu

$T = 110 \times 6 \times 3 =$  Voltampersecunde, dar  $100 \times 6 = 660$  W.

Deci  $T = 660 \times 3 = 1980$  wattsecunde.

Dar 1 wattsecundă = 1 Joule. Deci „lucrul” se poate măsura și în jouli, care se notează prescurtat J.

Prin urmare:

lucrul este egal cu puterea înmulțită cu timpul.

$$T = P t.$$

Dacă timpul este socotit în ore<sup>1)</sup>, iar puterea în kW, lucrul va rezulta în kWh.

---

1) Ora se notează prescurtat cu h.

1 kWh = 3 600 000 wattsecunde = 3 600 000 jouli, căci o oră = 3600 s.

1 kW = 1000 W, iar 1 wattsecundă = 1 joule.

1 wattsecundă (sau un Joule) este lucrul efectuat de un curent având puterea de 1 watt în decurs de o secundă.

1 kWh este lucrul efectuat de un curent având o putere de un kwatt în decurs de o oră.

Să rezumăm:

*Puterea* în electricitate se măsoară în *wați* sau *kilowați*, iar *lucrul* în *jouli*, *wattsecunde* și *kWh* (aceasta din urmă este unitatea cea mai des folosită).

*Puterea surselor de curent și a receptoarelor de curent.* Diferite surse de curent electric au puteri diferite.

Bateria uscată poate alimenta doar un singur bec mic al lămpii de buzunar, acumulatorul unui automobil alimentează mai multe becuri deodată, iar mașinile producătoare de curent din uzina orașului pot alimenta mii de becuri deodată.

Bateria uscată are puterea cea mai mică, acumulatorul o putere mai mare, iar mașina electrică o putere foarte mare.

Lucrul produs de aceste surse de curent servește pentru a produce lumină și căldură în becuri. Dar poate servi și pentru alte scopuri: de exemplu, să învântească motoare.

*Fiecare generator de curent este caracterizat printr-o anumită putere pe care o are.*

Puterea mașinilor mari electrice ajunge și la 200 000 kW.

Orice aparat sau mașină *receptoare* de curent electric, transformă energia electrică într-o altă formă de energie.

Motorul o transformă în lucru mecanic, rezistența fierului de călcat în căldură, becul electric în lumină și căldură, și așa mai departe.

*Fiecare receptor de curent este și el caracterizat printr-o anumită putere.*

De exemplu, un motor are 5 kW; dar și un fier electric de călcat are o anumită putere, de ex. 600 W; becurile de automobil au 5—50 W, iar cele folosite pentru iluminatul încăperilor au 15—200 W.

22. Energia și transformările ei. Am comparat curentul e-

lectric cu un curent de apă. Am văzut cum acesta din urmă produce un lucru mecanic. Curentul electric  $I$  care circulă de la un punct la altul, între care este diferența de potențial (tensiunea)  $U$  produce și el un lucru.

Astfel, am constatat că un curent electric produce încălzirea conductei prin care trece și vom vedea că se poate calcula cantitatea de căldură degajată tot cu ajutorul formulei lucrului :

$$W = U I T.$$

Vom afla mai târziu că un curent poate produce învârtirea unui motor (așa după cum apa învârtiște morișca din experiența

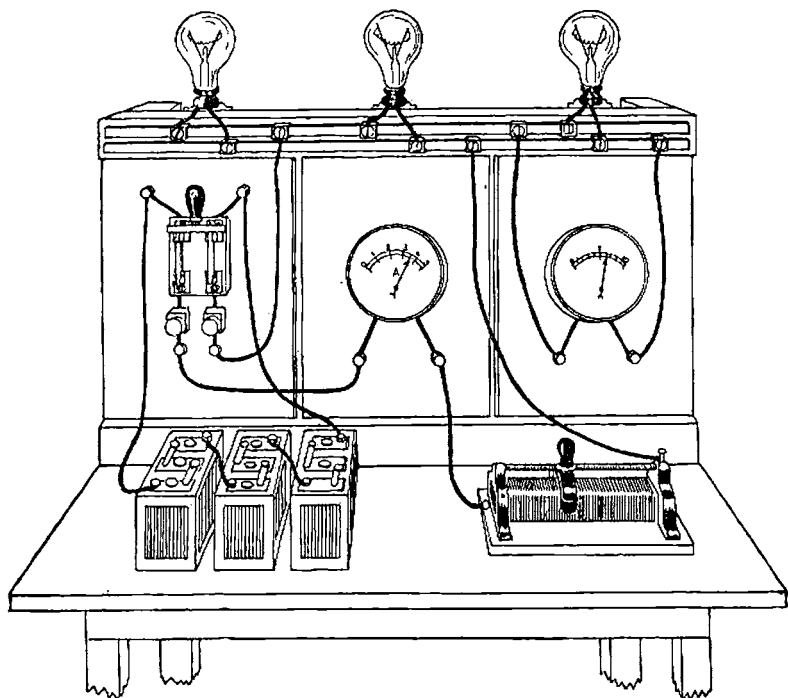


Fig. 36. a. — Instalație electrică pentru lucrări de laborator

noastră) care mișcă diferite mașini, deci produce un lucru mecanic.

Dar căldura și lucrul mecanic sunt forme diferite ale ener-

giei. Lucrul produs de un curent electric, pentru a se transforma în căldură, lucru mecanic, etc., îl numim *energie electrică*. Energia mecanică (lucrul mecanic) se poate transforma în energie calorică<sup>1)</sup> (căldură) și invers. De asemenea, energia electrică se poate transforma în energie calorică sau în energie mecanică și invers.

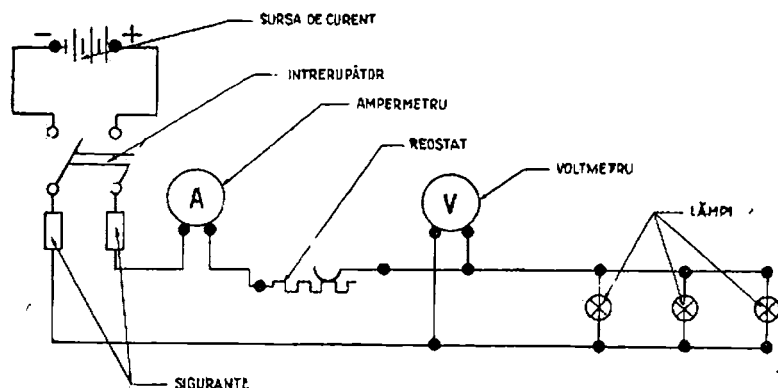


Fig. 36 b. — Schema instalației

Deoarece fiecare din aceste forme de energie se măsoară cu unități de măsură diferite, la trecerea dela o formă de energie *A* la altă formă de energie *B*, trebuie să știm câte unități din *A* sunt egale cu o unitate din *B* sau invers.

Astfel, știm că la transformarea lucrului mecanic în căldură sau invers, la 426 kgm corespunde o kilocalorie.

În cazul transformării energiei electrice în lucru mecanic sau invers, la puterea de 1 kW corespund 1,36 cal putere, adică  $1,36 \times 75 = 102$  kgm/s, iar 1 joule = 0,102 kgm.

Vom afla mai departe cum se face calculul când se transformă energia electrică în energie calorică.

### Exerciții

#### Întrebări :

1. Să se calculeze rezistența unui conductor de cupru care are o lungime de 10 m și o secțiune transversală (grosime) de 1 mm<sup>2</sup>.
2. Să se calculeze rezistența unui conductor de fier care are o lungime de 10 m și o secțiune transversală (grosime) de 1 mm<sup>2</sup>.

1) Zis și energie termică.

3. Care este rezistența unui conductor de aluminiu care are o lungime de 10 m și o secțiune transversală de  $1 \text{ mm}^2$ ?
4. Care este rezistența sârmei de nichelină dintr'un vas pentru încălzit apa, care are o lungime de 10 m și secțiunea de  $1 \text{ mm}^2$ ?
5. Ce lungime trebuie să aibă aceeași sârmă pentru ca rezistența să fie de  $6 \Omega$ ?
6. Ce secțiune trebuie să aibă aceeași sârmă pentru ca rezistența să fie de  $10 \Omega$ ?
7. O lampă electrică este legată cu sârme de cupru la tabloul electric. Distanța este de 15 m, iar secțiunea sârmei de  $1,5 \text{ mm}^2$ . Care este rezistența sârmei?
8. Dacă rezistența sârmei între tablou și lampă nu trebuie să treacă de  $1 \Omega$ , la ce distanță maximă se poate instala lampă, secțiunea conductei fiind de  $1,5 \text{ mm}^2$ ?
9. Distanța dela uzina electrică până la strada noastră este de 1,5 km. Ce rezistență au cei doi conductori electrici de cupru prin care vine curentul electric, știind că secțiunea este de  $35 \text{ mm}^2$ ?
10. Care este cantitatea de cupru a celor doi conductori?
11. Care este curentul într'un circuit a cărui rezistență este de 1,5 și în care este o pilă galvanică de 2 V?
12. Un fier electric de călcat este legat la o priză, având tensiunea de 110 V. Curentul care trece prin rezistența fierului este de 3 A. Cât este rezistența?
13. Printr'un bec electric, legat la 110 V, trece un curent de 0,5 A. Cât este rezistența becului?
14. Prin sârma unui ampermetru trece un curent de 5 A. Rezistența sârmei fiind de  $0,015 \Omega$ , cât este tensiunea la bornele ampermetrului?
15. Care este rezistența unui fir de cupru lung de 10 m având secțiunea de  $1 \text{ mm}^2$  la temperatura de  $1000^\circ$ ?
16. Dela contorul electric pleacă două sârme de câte  $1,5 \text{ mm}^2$  pentru a alimenta o lampă electrică, instalată la 20 m, care absoarbe 5 A. Care este căderea de tensiune?
17. Tensiunea la contor fiind de 110 V, care este tensiunea la bornele lămpii?
18. Două surse de curent de 2 V și 6 V sunt legate în serie. Care este f. e. m. totală?
19. Două generatoare electrice de aceeași tensiune sunt legate în paralel. Unul produce 100 A, iar celălalt 150 A. Cât este curentul total?
20. Două rezistențe au  $2 \Omega$  și  $5 \Omega$ .
  - a) Dacă sunt legate în serie care este rezistența totală?
  - b) Dacă sunt legate în paralel care este rezistența totală?
21. Care este puterea dată de un curent electric de 5 A, tensiunea fiind de 10 V?
22. Un generator electric alimentează 10 becuri în derivație, absorbind fiecare 0,5 A. La bornele mașinii tensiunea este de 120 V. Care este puterea dată de generator?
23. Un electromotor este legat la tensiunea de 110 V și absoarbe 20 A. Care este puterea absorbită de motor?
24. O rezistență legată de tensiunea de 110 V absoarbe 600 W. Cât este intensitatea curentului?
25. Care este puterea absorbită de o rezistență de  $2 \Omega$  prin care trece



un curent de 5 A ?

26. O sursă de curent de 6 V dă timp de 10 ore un curent constant de 5 A. Câți kWh a produs ?

27. Un bec electric la tensiunea de 220 V absoarbe 0,5 A. Câți kWh consumă în 4 ore de funcționare ?

28. Un bec de 100 W, la tensiunea de 110 V ce curent absoarbe ? Câți kWh consumă într-o lună dacă arde zilnic 5 ore ?

29. O uzină electrică produce un curent de 200 A la tensiunea de 6000 V. Care este puterea uzinei ? Câți kWh produce într-un an, știind că funcționează zilnic 10 ore ?

### Răspunsuri

$$1. R = \rho \frac{l}{s} = 0,0175 \times \frac{10}{1} = 0,175 \, \Omega.$$

$$2. R = 0,130 \times \frac{10}{1} = 1,3 \, \Omega.$$

$$3. R = 0,030 \times \frac{10}{1} = 0,3 \, \Omega.$$

$$4. R = 0,40 \times \frac{10}{1} = 4 \, \Omega.$$

$$5. l = \frac{R S}{\rho} = \frac{6 \times 1}{0,4} = 15 \, \text{m}.$$

$$6. S = \frac{\rho l}{R} = \frac{0,40 \times 10}{10} = 0,40 \, \text{mm}^2.$$

$$7. R = 0,0175 \times \frac{15 \times 2}{1,5} = 0,350 \, \Omega.$$

$$8. R = \frac{2 \rho l}{s}, \text{ iar } l = \frac{R s}{2 \rho} = \frac{1 \times 1,5}{2 \times 0,0175} = 43 \, \text{m}.$$

$$9. R = \frac{0,0175 \times 1500}{35} = 0,75 \, \Omega \text{ pentru fiecare.}$$

10.  $G = V \times \gamma$   $V = 2 \times 150\,000 \, \text{cm} \times 0,35 \, \text{cm}^2 = 105.000; \text{cm}^3$ ;  $\gamma$  este greutatea specifică a cuprului = 8,8 g/cm<sup>3</sup>.

$$G = 105\,000 \times 8,8 = 924\,000 \, \text{g, adică } 924 \, \text{kg}.$$

$$11. I = \frac{V}{R} = \frac{2}{1,5} = 1,33 \, \text{A}.$$

$$12. R = \frac{V}{I} = \frac{110}{3} = 36 \, \Omega.$$

$$13. R = \frac{110}{0,5} = 220 \, \Omega.$$

$$14. RI = 5 \times 0,015 = 0,075 \text{ V.}$$

$$15. \text{Rezistența la } 20^\circ \text{ este } R = \frac{\rho l}{s} = \frac{0,0175 \times 10}{1} = 0,175 \text{ }.$$

Creșterea de rezistență este:

$$0,175 \times 0,004 \times 80^\circ = 0,056 \text{ } \Omega.$$

Deci rezistența la  $100^\circ$  este:

$$0,175 + 0,056 = 0,231.$$

$$16. \text{Căderea de tensiune} = RI$$

$$R = 0,0175 \times \frac{2 \times 20}{1,5} = 0,47 \text{ } \Omega.$$

$$RI = 0,47 \times 5 = 2,35 \text{ V.}$$

$$17. U_{\text{lampă}} = U_{\text{contor}} - RI = 110 - 2,35 = 107,65 \text{ V.}$$

$$18. E_{\text{total}} = 2 + 6 = 8 \text{ V.}$$

$$19. E_{\text{total}} = 100 + 150 = 250 \text{ A.}$$

$$20. a) R = R_1 + R_2 = 2 + 5 = 7 \text{ } \Omega.$$

$$b) R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 5}{7} = 1,43 \text{ } \Omega.$$

$$21. P = UI = 10 \times 5 = 50 \text{ W.}$$

$$22. P = UI; I = 10 \times 0,5 = 5 \text{ A.}$$

$$P = 120 \times 5 = 600 \text{ W.}$$

$$23. P = UI = 110 \times 20 = 2200 \text{ W} = 2,2 \text{ kW.}$$

$$24. P = UI; I = \frac{P}{U} = \frac{600}{110} = 5,45 \text{ A.}$$

$$25. P = RI^2 = 2 \times 5^2 = 50 \text{ W.}$$

$$26. T = UIt = 6 \times 5 \times 10 = 300 \text{ Wh} = 0,3 \text{ kWh.}$$

$$27. T = 220 \times 0,5 \times 4 = 440 \text{ Wh} = 0,440 \text{ kWh.}$$

$$28. I = \frac{P}{U} = \frac{100}{110} = 0,91 \text{ A.}$$

$$T = P \times t = 100 \times 5 \times 30 = 15000 \text{ Wh} = 15 \text{ kWh.}$$

$$29. P = UI = 6000 \times 200 = 1200000 \text{ W} = 1200 \text{ kW.}$$

$$T = 1200 \times 365 \times 10 = 4380000 \text{ kWh.}$$

### Intrebări recapitulative

1. Ce surse de curent electric cunoașteți?
2. Cum luăm cunoștință de curentul electric?
3. Ce aparate și mașini cunoașteți care folosesc curentul electric?

4. Care sunt elementele care caracterizează curentul electric? Dar un circuit electric?
5. Cum se măsoară intensitatea curentului electric?
6. Care este unitatea de intensitate a curentului electric?
7. Cum se calculează rezistența unui conductor?
8. Care este unitatea de măsură pentru rezistențe?
9. Ce este rezistivitatea?
10. Ce este forța electromotoare? Dar tensiunea?
11. Care este unitatea de măsură pentru tensiune?
12. Să se exprime legea lui Ohm.
13. Cum variază rezistența cu temperatura?
14. Ce sunt reostatele?
15. La ce servesc?
16. Prin ce este caracterizat montajul în serie? Dar cel în derivație?
17. Care sunt legile lui Kirchhoff?
18. Cum se adună rezistențele în serie? Dar cele în derivație?
19. Care este tensiunea mai multor forțe electromotoare egale, legate în paralel?
20. Care este tensiunea mai multor forțe electromotoare legate în serie?
21. Cum se leagă obișnuit receptoarele de curent? De ce?
22. Ce este căderea de tensiune? Cum se calculează?
23. De ce ne interesează căderea de tensiune, dela sursa de curent până la receptoarele de curent?
24. Ce numim putere? Dar lucru mecanic?
25. Cum se calculează puterea unui curent electric? Dar energia?
26. Prin ce se caracterizează un receptor de curent?
27. Care este unitatea de putere folosită în electricitate? Dar cea de energie?
28. Ce deosebire este între kilowatt și kilowattoră?
29. Contorul electric instalat în casă măsoară kilowați sau kilowattore?
30. Ce este energia? Ce forme de energie cunoașteți?
31. Ce transformări de energie cunoașteți?
32. Ce trebuie să cunoaștem la transformarea unei forme de energie în alta?

### III. EFECTUL CALORIC SAU TERMIC AL CURENTULUI ELECTRIC

23. Căldura prin curent electric. În experiența pe care am făcut-o la capitolul II, am constatat că o sârmă legată la bornele unei surse de curent se încălzește și se înroșește.

Această proprietate este de mare folos în tehnică. Dar nu ne putem mărgini numai la această constatare; trebuie să stabilim ce cantitate de căldură se produce și de cine depinde.

În felul acesta ne putem explica diferitele aplicațiuni ale efectului caloric.

De aceea trebuie să repetăm experiența făcută, dar în condițiuni mai complete.

Ne vom servi de o sursă de curent constituită din 3 elemente de acumulatori (care legate în serie au 6V), de rezistențe ohmice în formă de spirale de 1, 2 și 3  $\Omega$ , de un ampermetru, un reostat, un întrerupător, un ceas exact (cronometru), și de un calorimetru. Cunoaștem toate aparatele de mai sus, fiindcă le-am învățat de curând. Despre calorimetru amintim că este un aparat cu ajutorul căruia măsurăm cantitatea de căldură produsă.

Căldura se măsoară în calorii. Kilocaloria este cantitatea de căldură pe care o absoarbe un kilogram de apă, pentru a se încălzi, cu un grad centigrad.

Un corp care se încălzește absoarbe căldură, iar când se răcește, cedează căldură.

Calorimetrul este un vas în care se toarnă apă sau un alt lichid (de exemplu petrol) și în care se pune corpul încălzit. Lichidul absoarbe căldura corpului și atunci temperatura lui se ridică. Vasul este bine închis și izolat ca să nu se piardă căldura.

Măsurând cu ajutorul unui termometru temperatura lichidului la începutul și la sfârșitul experienței, găsim diferența în grade și apoi putem calcula numărul caloriilor cedate de corp.

Dacă, de exemplu, calorimetrul are 0,750 kg apă, iar temperatura s'a ridicat dela  $15^{\circ}$  la  $25^{\circ}$ , adică cu  $10^{\circ}$ , aceasta însemnează că corpul a cedat cantitatea de căldură:  $0,75 \text{ kg} \times 10^{\circ} = 7,5 \text{ kcal}$ , pe care a primit-o apa.

Aparatele de mai sus le legăm așa cum se arată în fig. 37.

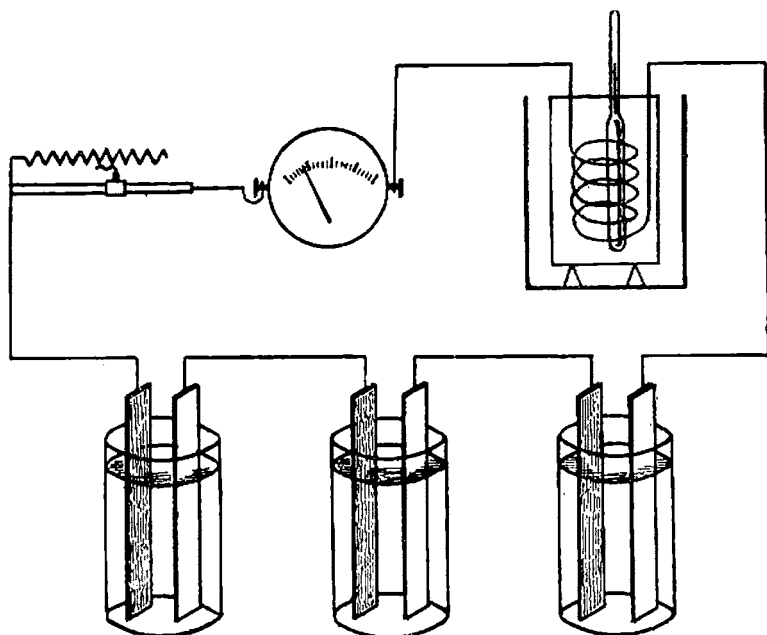


Fig. 37. — Determinarea efectului caloric (termic)

Cu ajutorul reostatului variem curentul care trece prin circuit și vom face măsurătorile pe rând cu rezistențele de mai sus, introduse în calorimetru.

Rezultatele unei asemenea experiențe sunt următoarele: căldura produsă la trecerea curentului electric printr'un conductor depinde de rezistența lui  $R$ , de intensitatea  $I$  și de durata trecerii curentului  $t$ ; cu cât  $R$  este mai mare cu atât căldura produsă este mai mare, cu cât  $t$ , durata experienței, este mai lungă, cu atât și căldura este mai mare; în ce privește  $I$ , observăm că dacă  $I$  se mărește de două ori, căldura produsă se mărește de

patru ori, la mărirea lui  $I$  de trei ori, căldura se mărește de nouă ori și așa mai departe.

24. O altă lege foarte importantă. Din experiențele de mai sus, vom deduce următoarea lege :

Cantitatea de căldură degajată la trecerea curentului electric printr-o rezistență, este proporțională cu rezistența conductorului, cu timpul de trecere al curentului și cu pătratul intensității curentului.

Această este o lege foarte importantă în electricitate, legea efectului caloric, stabilită pentru prima dată de doi învățați, Joule (englez) și Lenz (rus) și de aceea se numește legea Joule-Lenz (1841—1844).

Deseori, fenomenul degajării de căldură datorit trecerii curentului electric printr'un conductor este numai și numai „efectul Joule-Lenz”.

Dacă, pentru fiecare experiență, vom înmulți produsul  $RI^2t$  cu 0,00024 obținem tocmai pe  $Q$ , adică tocmai acea cantitate de căldură care s'a produs la trecerea curentului prin rezistență și pe care am măsurat-o în calorimetru.

Rezultatele de mai sus le putem exprima prin formula:

$$Q = 0,00024 RI^2t,$$

în care :

$Q$  = cantitatea de căldură kcal.

$R$  = rezistența în  $\Omega$ .

$I$  = intensitatea curentului în A.

$t$  = durata trecerii curentului în secunde.

Dacă  $t = 1$  secundă,  $I = 1$  A și  $R = 1 \Omega$ ,  $Q$ , cantitatea de căldură degajată de conductor este egală chiar cu 0,00024, care se numește *echivalent termic* al curentului electric.

Dar mai știm, din legea lui Ohm, că  $R = \frac{U}{I}$ . Să înlocuim în formula lui Joule-Lenz pe  $R$  prin  $\frac{U}{I}$ :

$$Q = 0,00024 \frac{U}{I} I^2t = 0,00024 UIt.$$

Prin urmare, cantitatea de căldură se poate calcula și cu ajutorul acestei formule, adică vom înmulți tensiunea aplicată unui conductor cu intensitatea care trece prin el și cu timpul

experienței socotit în secunde. Bine înțeles, nu vom uita să înmulțim și cu 0,00024.

Această formulă o vom întrebuința atunci când nu cunoaștem mărimea rezistenței.

Dar tot după legea lui Ohm,  $I = \frac{U}{R}$ . Să înlocuim în legea lui Joule-Lenz :

$$Q = 0,00024 R I^2 t = 0,00024 R \frac{U^2}{R^2} t = 0,00024 \frac{U^2}{R} t.$$

Iată deci și a treia posibilitate de calcul a căldurii: se ridică tensiunea la pătrat și se împarte prin rezistență, iar apoi se înmulțește cu  $t$  și cu 0,00024.

Formula o vom folosi când nu cunoaștem intensitatea curentului, ci numai tensiunea aplicată unui conductor și rezistența lui.

Se va întrebuința sau una sau alta, din formulele de mai sus, după datele circuitului pe care le cunoaștem.

Ne amintim că am învățat în capitolul II că  $UIt$  este lucrul produs de electricitate și măsurat în wattsecunde.

Dacă într'un circuit  $U = 1$  V,  $I = 1$  A și  $t = 1$  s. formula  $Q = 0,00024 UIt$  ne dă:

$$Q = 0,00024 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,00024 \times 1 \text{ wattsecundă.}$$

Aceasta ne arată că la 1 wattsecundă corespund 0,00024 kcal.

La 1 kWh vor corespunde:

$$3\,600\,000 \times 0,00024 = 864 \text{ kcal}$$

căci: 1 kW = 1000 W,

iar: 1 oră = 60 × 60 = 3600 secunde

și deci 1 kWh = 1000 × 3600 wattsecunde = 3 600 000 wattsecunde.

Deoarece kWh este unitatea obișnuit folosită pentru energia electrică, să ținem minte că:

*La 1 kWh corespund 864 kcal.*

Efectul caloric care l-am studiat are aplicații practice foarte importante.

Aceste aplicații au de scop producerea de căldură pentru diferite folosințe și uneori producerea de lumină.

## Aplicațiile efectului caloric

25. **Lumina prin electricitate. Lampa cu incandescență.** Am constatat că la trecerea curentului electric printr'un fir de metal, acesta se încălzește și devine incandescent. Dacă este încălzit foarte tare răspândește lumină.

Această proprietate este folosită de lămpile electrice, însă un fir adus în stare incandescentă nu poate fi ținut liber în aer, căci, în contact cu oxigenul, se arde.

De aceea lămpile (becurile) electrice sunt făcute dintr'un fir (numit filament), închis într'un glob de sticlă, din care s'a scos aerul. Fig. 38 arată cum este fixat filamentul și drumul curentului electric.

Firul trebuie să se încălzească la temperaturi înalte, ca să emită lumină.

S'au încercat la început fire din diferite metale introduse într'o pară, sau glob de sticlă.

Din cauza temperaturilor mari, firele nu rezistau, nici chiar cele de platină, metal care se topește foarte greu.

De aceea mult timp s'au folosit lămpi cu fir de cărbune.

Durata unei asemenea lămpi este de aproximativ 600 ore de ardere. În acest timp, puterea luminoasă scade treptat prin pulverizarea cărbunelui. Lumina dată, față de curentul consumat, este mică.

Fizicienii și tehnicienii au căutat să îmbunătățească aceste lămpi. În ce fel? Au încercat să introducă în glob un gaz. Motivul introducerii unui gaz în globurile electrice, este următorul:

Filamentul încălzit până la incandescență se evaporează, sau, mai exact, se sublimază (astfel se spune despre un corp

solid care trece în stare de vapori) și această evaporare se face foarte repede, dacă temperatura este foarte mare.

Fenomenul evaporării are mai multe efecte :

— vaporii se depun pe pereții globului, care se înnegresc, și, deci, becul va da mai puțină lumină;

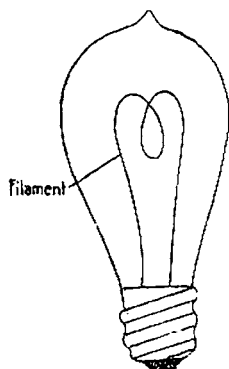


Fig. 38. — Bec cu filament de cărbune



— filamentul se subțiază, deci rezistența lui se mărește și curentul scade; lampa va da mai puțină lumină;

— subțierea filamentului aduce ruperea lui.

Deși temperatura de topire a cărbunelui trece de  $3500^{\circ}\text{C}$ , totuși, din cauzele arătate, în lămpile cu vid nu s'a trecut de  $1800^{\circ}\text{C}$ . Efectul luminos crește însă cu temperatura.

De aceea, fizicienii au încercat să introducă în bec un gaz sub presiune, care să îndeplinească o evaporare repede.

Un asemenea gaz trebuia să îndeplinească mai multe condiții: a) să fie inert, adică să nu se combine cu materia filamentului; b) să nu conducă lesne căldura; c) să fie izolant și d) să fie ușor de obținut.

Mult timp nu s'a găsit gazul care să îndeplinească aceste condiții și de aceea s'au continuat încercările de a înlocui cărbunele. S'au făcut filamente din diferite metale, care se topesc greu: osmiu (1902), tantal (1905) și apoi wolfram, denumit și tungsten, care au temperatura de topire de vreo  $3400^{\circ}\text{C}$ .

Ultimul a devenit materialul obișnuit pentru becuri electrice, tras în fire foarte subțiri, chiar de o sutime de mm.

În becurile cu vid, filamentul de wolfram (tungsten) are temperatura mai mare, ceea ce a făcut ca asemenea becuri să dea efect luminos mai mare și lumină mai albă, ca celelalte metale sau cele cu fir de cărbune.

Becurile de tipul nou au în interior un stâlp de sticlă, cu un rând de brațe mai jos și alt rând de brațe mai sus. Firul de wolfram este întins în zig-zag între aceste brațe.

Între timp, cercetările pentru găsirea unui gaz de introdus, au dus la rezultate satisfăcătoare.

S'a încercat mai întâi azotul, apoi azot amestecat cu argon, și în urmă cu xenon, dar mai ales cu crypton.

Ce sunt aceste gaze: argon, xenon și crypton? Ele se numesc gaze rare, și se găsesc în aer, dar în cantitate foarte mică. Ele nu se combină cu niciun corp (se mai numesc, de aceea, inerte).

## Gaze rare în atmosferă.

Gazul :

O parte de gaz se găsește la  
următoarele părți de aer :

Heliu	5 300 000
Neon	16 000 000
Argon	100
Crypton	1 000 000
Xenon	10 000 000

Introducerea gazelor inerte a însemnat un pas important în progresul becurilor electrice.

Trebue însă să mai vorbim și de altă îmbunătățire.

Am văzut că, la început, filamentul se executa în buclă

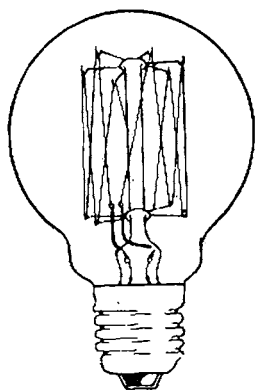


Fig. 39. — Bec cu filament  
metalic în zig-zag

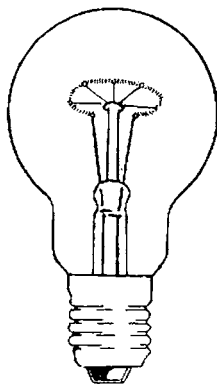


Fig. 40. — Bec cu filament  
spiralizat circular

simplă sau multiplă, iar apoi întins în zig-zag. Din cauza lungimei filamentului, globurile erau alungite sub formă de pară.

Dar un asemenea filament are o suprafață întinsă de contact cu gazul din interior, ceea ce are de efect o mare pierdere de căldură.

De aceea s'a ajuns la ideea de a răsuci filamentul în spirală, sau chiar în dublă spirală. Prin acest fel de fabricație se strânge foarte mult lungimea filamentului și se reduce mărimea globului. Temperatura la suprafața sticlei atinge aproximativ 150° C.

Se construiesc diferite forme de becuri. Cele mai obișnuite sunt cele cu glob rotund.

Se construiesc becuri speciale în formă de lumânare, becuri pentru reflectoare, lămpi de buzunar, pentru aparate cinematografice, etc.

Sticla globurilor poate fi albă sau lăptoasă (opacă).

În sfârșit, sunt și becuri cu totul deosebite: în formă de tub. Ele se fixează de obicei mai multe, cap la cap, sau unul lângă altul, formând linii de lumină.

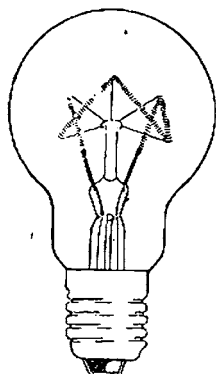


Fig. 41. — Bec cu filament spiralizat în zig-zag

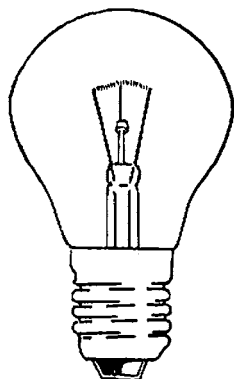


Fig. 42. — Bec cu filament dublu spiralizat

Se folosesc pentru a da o înfățișare plăcută diferitelor părți ale unei încăperi: expoziții, săli de teatru, etc.

Un bec electric primește curentul prin *soclu*, care este introdus într-o piesă numită *dulie*.

Ele sunt de două forme: soclu cu șurub și soclu baionetă.

La noi se folosește numai primul. Acest soclu este de trei mărimi: mic (notat cu E 14), normal (E 27) și mare (Goliat; E 40). Becurile de peste 300 W au soclu Goliat.

În rezumat, astăzi, becurile se fac cu filament de wolfram (tungsten) cu o singură sau o dublă spiralizare.

Becurile mici se fac cu vid, iar cele mai mari sunt umplute cu crypton sau cu amestec de azot și argon.

Datorită acestor perfecționări, efectul luminos al becurilor a crescut foarte mult, iar dimensiunile globului au fost reduse simțitor.

*Mărimea unui bec este dată prin cantitatea de flux luminos,*

*măsurat în lumeni, sau decalumeni, (1 decalumen = 10 lumeni), pe care poate să-l producă; sau după puterea în wați absorbită.*

Lumenul se însemnează prescurtat lm, iar decalumenul, care are 10 lumeni, se însemnează prescurtat Dlm.

Între cantitatea de lumeni produși (Dlm) și puterea absorbită (W) sunt următoarele echivalente pentru becurile cu krypton:

Tensiunea:	Efectul luminos: (Dlm)	Consumul: (W)
110—120 V	40 . . . . .	31
	65 . . . . .	46
	100 . . . . .	64
220—230 V	40 . . . . .	36
	65 . . . . .	53
	100 . . . . .	73

Durata mijlocie a unui bec este de 1000 ore de ardere. Becurile care sunt instalate în locuri unde sunt supuse la trepidății au viață mai scurtă. În asemenea locuri trebuie puse becuri speciale, care au un filament mai rezistent.

Contactul becului încălzit cu picături reci de ploaie, sau de fulgi de zăpadă, provoacă crăparea sticlei. De aceea, becurile expuse în aer liber se închid de obicei în globuri, care au rolul să le protejeze. Temperatura filamentului incandescent spiralizat este, la becurile umplute cu argon și krypton, de 2400°—2700°, față de 2100° la lămpile cu filament metalic în zig-zag în vid și față de 1800° la becurile cu filament de cărbune în vid.

Becurile cele mai puternice care s'au construit sunt acelea pentru luminatul terenurilor de aviație, care au ajuns până la 10 kW, iar pentru fotografiat, lămpi între 2—10 kW producând 4 Dlm/W, dar cu viața foarte scurtă (de maximum 2 ore).

În rezumat, luminatul electric, cu care suntem obișnuiți, se bazează pe următoarele:

— un filament este încălzit la o temperatură foarte ridicată, la care emite lumină;

— pentru ca filamentul să nu ardă, este ferit de contactul cu oxigenul și de aceea este bine închis într'un glob de sticlă.

Am arătat îmbunătățirile treptat introduse în fabricația lor.

Când dorim să cumpărăm un bec electric trebuie să indicăm următoarele date:

Tensiunea la care va fi folosit, mărimea becului în wați sau

lumeni, felul lui (glob, lumânare, etc.) și felul sticlei (albă sau lăptoasă).

**26. Arcul electric.** În circuitul unei surse de curent se montează două creioane din cărbune sau din metal, denumite *electrozi*, punându-le vârfurile în contact. Închidem întrerupătorul, dacă va trece un curent electric, îndepărtăm puțin creioanele. Curentul electric, obligat a trece pe această porțiune, prin aer, întâmpină o rezistență foarte mare, ceea ce are de efect o mare încălzire locală, așa cum ne explică legea Joule-Lenz. Dacă mai îndepărtăm puțin electrozii, vom constata că între vârfuri apare o lumină foarte puternică, boltită în sus, dacă electrozii sunt orizontali. Acesta este *arcul electric* sau *arcul voltaic*.

S'a măsurat că electrodul pozitiv poate ajunge până la o temperatură de  $4200^{\circ}\text{C}$ , pe când cel negativ numai la vreo  $2700^{\circ}\text{C}$ . Treptat, prin funcționare, capetele cărbunelui se ard

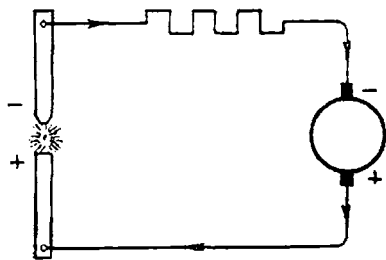


Fig. 43. — Arcul electric



Fig. 44. — Electrozii de cărbune

și de aceea ele trebuie continuu apropiate printr'un mecanism automat. Prin funcționare, electrodul pozitiv se găurește la capăt (în formă de crater) pe când cel negativ se ascute, dacă lampa este alimentată cu un curent continuu.

Intru cât și temperatura este mult mai mare la electrodul pozitiv, acesta se uzează mai repede; de aceea, pentru a egala uzura, se face mai gros decât cel negativ.

La curent alternativ această deosebire dispăre.

S'au făcut diferite îmbunătățiri la lămpile cu arc.

Astfel, aerul ajunge liber la arc, obișnuit; dar s'au construit

și lămpi aproape închise, la care accesul aerului este îngreunat, iar consumul de cărbune mai mic.

În loc de electrozi de cărbune, la lămpi speciale se folosesc și electrozi de metal. Arcul electric a fost mult timp folosit pentru iluminatul străzilor, al curților, etc.

În urma perfecționării lămpii incandescente, lampa cu arc a fost înlocuită din aceste întrebuițări.

Acum mai este folosită în aparatele de proiecție.

Luminatul electric a fost o invenție foarte importantă, care a adus o mare înlesnire oamenilor. Străduințele pentru perfecționarea lui au fost de lungă durată.

Între timp apăruseră mașinile producătoare de curent electric și s'a introdus iluminatul cu arc voltaic, inventat din 1803 de savantul rus Petrov, și pus în aplicare peste vreo șaptezeci de ani de Iablocicov.

Dar iluminatul cu arc voltaic are multe neajunsuri. Lampa cu incandescență a dat îndelung de gândit inventatorilor. Primul dintre ei a fost Alexandru Lodașghin, unul dintre cei mai mari inventatori ruși, născut la 1847. El a construit lămpi cu cărbune incandescent, pe care le-a instalat pe o stradă mărginașă a orașului său.

În cartea „Țara Electricității” de autorul sovietic G. Babat, se pot afla multe lucruri despre istoricul iluminatului electric.

**27. Încălzitul prin electricitate.** Sunt două procedee de încălzit: *arcul electric*, dar mai ales încălzitul prin *rezistențe electrice*. Temperaturile care se cer în industrii le putem împărți în trei clase:

— temperaturi joase până la 400° C;

— temperaturi mijlocii dela 400° — 1150° C;

— temperaturi înalte peste 1150°C (temperaturile de topire a unor metale).

Curentul electric este folosit în tehnică pentru a produce temperaturi înalte în cuptoare industriale.

**Cuptoare cu arc.** Arcul electric, producând temperaturile înalte pe care le-am arătat, este întrebuințat pentru a topi metale și alte corpuri care cer multă căldură.

Căldura se obține prin trecerea curentului în spațiul dintre două corpuri conducătoare, denumite electrozi.

La pornire, electrozii sunt apropiați și în contact, pe urmă

se depărtează. Se construiesc cuptoare denumite cu arc dublu, la care arcul se produce între doi electrozi, fără a atinge materia care trebuie încălzită.

Se construiesc și cuptoare cu arc indirect, la care arcul se produce între electrod și materia care trebuie topită.

Dacă în interiorul cuptorului se menține o presiune ridicată, se obțin temperaturi mari (chiar  $6000^{\circ}\text{C}$ ).

*Cuptoarele cu rezistențe* au de obicei forma unei camere închise sau deschise sus, în care sunt introduși electrozii fierși sau mobili (pot fi coboriți sau ridicați), pătrunzând în materialul adus în cuptor.

Rezistența este constituită, în acest caz, chiar de materialul ce trebuie topit. Alteori, cuptorul are rezistențe care sunt acoperite de materialul ce trebuie prelucrat. Pe la partea de jos se scurge produsul obținut.

În toate cuptoarele, pe lângă electricitate se consumă și mari cantități de electrozi.

La încălzitul cu ajutorul rezistențelor electrice, uneori acestea sunt în contact direct cu corpurile supuse încălzirii, alteori

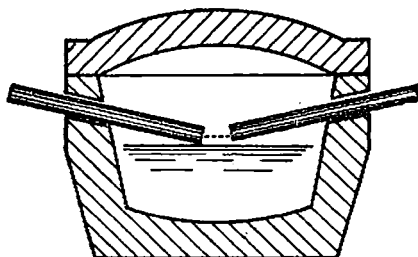


Fig. 45. — Cuptor cu arc dublu

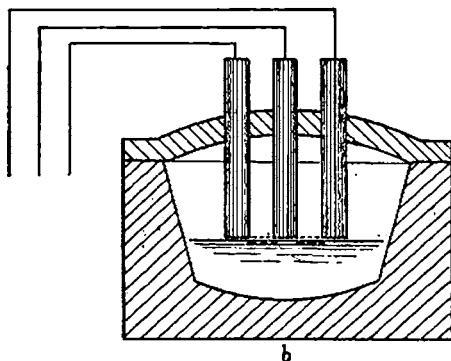
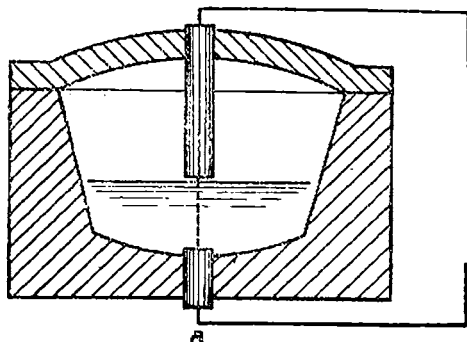


Fig. 46 a, b. — Cuptor cu arc indirect

nu sunt în contact direct. Atunci se numește *încălzit indirect*. În acest caz, căldura ajunge la ele prin radiație (precum încălzitul de la cărbunii înroșiți) sau prin mișcarea aerului încălzit (precum încălzitul unei camere dela o sobă).

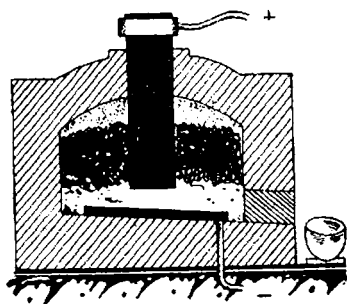


Fig. 47. — Cuptor cu rezistențe

Rezistențele folosite pentru temperaturile joase și medii sunt aliaje de diferite metale, mai des din crom și nichel.

Pentru temperaturile foarte înalte, se fac din molibden, grafit, carbură de siliciu, tungsten (cu acesta se poate ajunge la 2000° C).

Cuptoarele electrice au diferite întrebuințări :

#### *În industria metalurgică.*

**Fabricarea fontei.** În mod obișnuit, fonta se obține în așa numitele cuptoare înalte, din minereuri de fier, încălzite cu cocs sau cu cărbune de lemn. În locul acestor combustibili, încălzirea se poate face electric în cuptoarele de felul celor mai sus arătate.

**Producerea oțelului.** Oțelul se poate obține în cuptoare cu arc, realizându-se produse de calitate superioară, fără impurități.

**Încălzire pentru prelucrare.** Lingourile, biletele, platinele și țagilele pot fi încălzite în cuptoare electrice în vederea laminării, forjării sau altor prelucrări.

**În industria mecanică.** Se folosesc cuptoare electrice pentru tratamente termice, coacere, călire, revenire, cimentare etc., pentru turnătorii la topirea fontei, oțelului, bronzurilor, pentru uscat miezurile.

**În industria chimică** cuptorul electric servește pentru a obține diferite produse.

Feroaliajele sunt combinații ale fierului cu diferite alte corpuri : siliciu, mangan, crom, tungsten.

Ele sunt folosite ca desoxidant, pentru a îndepărta unele corpuri străine, vătămătoare, sau pentru a introduce în oțeluri unele corpuri necesare, spre a le da calități superioare.

Ferosiliciul este cel mai întrebuințat: se fabrică din



silice, cocs și fier vechiu, care sunt încălzite împreună în cup-toare.

Consumul de electricitate este mare: între 5500 kWh-13 500 kWh pentru fiecare tonă de aliaj.

Fer o m a n g a n u l se face din minereu de mangan, cocs și fier vechiu.

Consumul de electricitate este mare: de 6500-8000 kWh pe tonă.

Ferocromul, ferotungstenul se fac prin procedee asemănătoare.

Țara noastră, având silice corespunzătoare și mangan, poate deveni producătoare de feroaliaje, care, după cum am arătat, cer mari cantități de electricitate.

Grafitul artificial este un produs prin încălzirea cărbunilor obișnuți fără contact de aer, la temperatura de 2500°C. Grafitul se consumă în mare cantitate în electrotehnică: electrozi, perii pentru mașini electrice, etc.

Carborundul, necesar ca abraziv pentru șlefuire, se obține din cărbune și nisip de silice.

Fixarea azotului. Trecând un curent de aer printr'un arc electric la temperatura înaltă de cca 3000°C, o parte din oxigen se combină cu azotul, formând oxid de azotat. Acesta este întrebuințat apoi pentru fabricarea acidului azotic și alți compuși ai azotului, folositori ca îngrășăminte în agricultură, etc. Acest procedeu necesită mari cantități de electricitate.

*In industria ceramică.* La fabricarea de porțelan, sticlă, plăci de pardoseală, etc. La operațiuni de finisaj, piesele mecanice, pentru a fi protejate împotriva umezelii și pentru a avea o formă frumoasă se acopere prin: emailare, vernisare, lăcuire sau zincare.

Cuptorul electric dă foarte bune rezultate pentru aceste operațiuni.

**28. Diferite alte aplicații ale încălzitului electric.** Nu numai în industrie, dar și în alte domenii se întrebuințează încălzitul prin electricitate.

Astfel este fierul de călcat, plite și cuptorul electric, încălzitorul de apă, radiatorul, vasul pentru încălzit și multe altele, mai puțin folosite: perina de încălzit electrică, uscătorul de păr, etc.

Toate aceste aparate sunt constituite dintr'o rezistență electrică, de forme felurite, prin care trece curentul electric.

Datorită efectului Joule-Lenz, rezistența se încălzește, iar căldura produsă se transmite mai departe, acolo unde este necesar.

Vom descrie mai amănunțit câteva din aparatele cele mai folosite:

*Plita electrică.* Rezistența este așezată în spirală în șanțurile unei plăci de ceramică, izolantă.

Prin trecerea curentului electric se înroșește și răspândește căldură prin radier.

Acest fel de plită are avantajul că sursa de căldură se vede; are însă desavantajul că rezistența poate fi atinsă și deci poate fi ușor vătămată.

S'au fabricat plite la care rezistența este înneacă într-o masă de ceramică și apoi totul este introdus sub o placă de fontă. Transmiterea căldurii la vasul de încălzit se face prin conductibilitate. Are desavantajul că trebuie vase de gătit cu fundul foarte neted, pentru ca trecerea căldurii să se facă lesne.

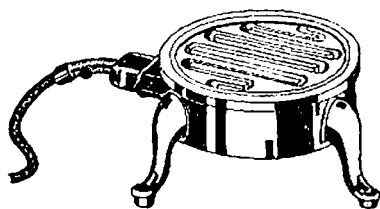


Fig. 48. — Plită electrică

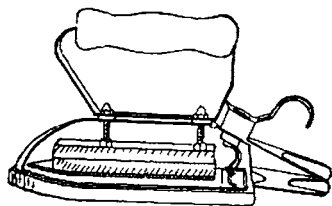


Fig. 49. — Fier de călcat desfăcut

S'au fabricat și plite la care rezistența este introdusă într'un tub de metal izolant și care se înroșește prin încălzirea rezistenței, răspândind căldura prin radiație.

Acest mod de fabricație este cel mai avantajos, deoarece rezistența este protejată.

*Fierul de călcat.* Partea lui cea mai importantă este rezistența, care este o sârmă din crom-nichel, rezistentă la temperaturi mari. Ea este montată între două plăci izolante, rezistente la temperatură, și este așezată în talpa fierului.

Curentul electric ajunge prin priză la rezistență. Legătura între priza fierului și instalația electrică se face printr-o conductă în formă de cordon.

*Vasul de fiert.* Rezistența, învelită într'o materie izolantă și rezistentă la temperaturi mari, este închisă la partea de jos a vasului, de unde căldura se transmite la lichid.

*Încălzitorul de apă* este de mai multe feluri. Tipul cel mai obișnuit încălzește apa la  $85^{\circ}\text{C}$  în 7—8 ore de funcționare. După ce atinge această temperatură

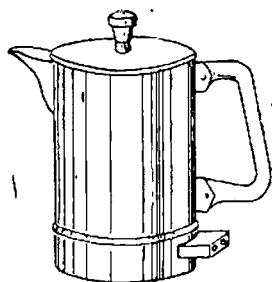


Fig. 50. — Vas de fiert

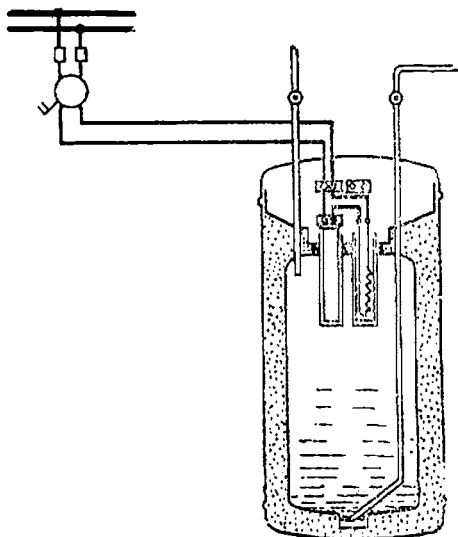


Fig. 51. — Încălzitor de apă

a fost atinsă, un întrerupător automat întrerupe circuitul. Rezervorul încălzitorului este bine izolat, ca să nu se piardă căldura.

*Radiatoarele electrice* au și ele diferite forme și mărimi. Îndărătul rezistențelor este de obicei o suprafață lucie, care concentrează razele de căldură.

Toate aparatele electrice sunt foarte lesne de folosit. Ele ușurează mult munca unei gospodine.

Dar asemenea aparate se folosesc și în alte locuri; de exemplu, bucătăriile mari sunt întrebuințate pentru cantine, restaurante, spitale, etc.

În asemenea locuri se folosesc și cazane electrice de încălzit.

Încălzitorul de apă este de asemenea folosit în laboratoare, spitale.

29. Caracteristica încălzitului cu electricitate este următoarea :

1. Nu se produce o ardere și deci nu se ivește nici fum și nici gaze de ardere.

2. Se pot obține lesne temperaturi foarte mari, dacă pereții încăperii încălzite sunt destul de rezistenți.

3. Se produce o încălzire uniformă și temperatura necesară se poate menține destul de exact.

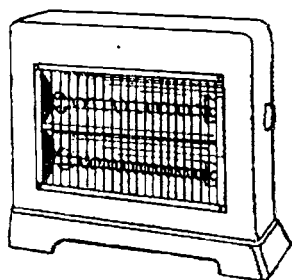


Fig. 52 — Radiator

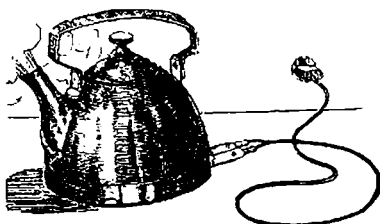


Fig. 53. — Ceainic

4. Este un încălzit curat, sigur și ușor de manevrat.

5. Nu are nevoie de instalații complicate: cazane, focare, combustibil și deci se poate așeza lesne, acolo unde este necesar, etc.

Acolo unde sunt necesare cantități mici de căldură electricitatea este cea mai avantajoasă. De exemplu, pentru nevoile unei gospodării este indicat să se folosească: vasul de încălzit, apoi plita, cuptorul electric, radiatorul electric și chiar aparatul pentru încălzit apa de baie și alte aparate.

În industriile care au nevoie de cantități mari de căldură electricitatea nu este avantajoasă decât dacă prețul ei este ieftin.

Prețuri ieftine nu se pot obține însă, decât construind centrale mari. În planul de perspectivă al R. P. R. sunt prevăzute asemenea centrale.

**30. Sudura electrică.** O aplicație de mare importanță industrială a curentului electric este la sudura electrică. Sudura este procedeul de a îmbina două piese de metal, la cald, cu adăus de metal, astfel ca legătura să formeze cu piesele o singură bucată omogenă.

Pe lângă sudura autogenă (cu flacără de acetilenă în oxigen) a luat o foarte mare extindere și sudura electrică.

Am văzut cum se produce arcul voltaic. Precizăm: oricâte-

ori un circuit, prin care trece un curent electric, se rupe (se deschide), în acel loc se produce o descărcare luminoasă și de înaltă temperatură (cca  $3000^{\circ}\text{C}$ ). Descărcarea, adică scântea sau flacăra, are forma de arc (de unde îi vine și numele).

Sudura se poate face prin mai multe metode. Arcul se produce între doi electrozi de cărbune și încălzește marginile pieselor de îmbinat, sau arcul se produce între un electrod de cărbune și una din piesele de sudat.

Procedeu folosit mai mult este acela experimentat de inginerul rus Slavianoff, la care arcul electric se produce între un electrod de metal și una din piesele de sudat.

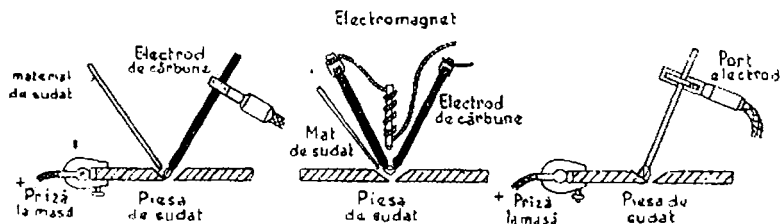


Fig. 54. — Sudura cu arc

După cum ne amintim din legea lui Joule-Lenz, căldura produsă depinde de rezistență și de pătratul intensității curentului. De aceea, la sudură vom avea curenți mari, chiar sute de amperi, iar tensiunea redusă, 20-40 V. (Astfel, pentru a suda una peste alta două bucăți de tablă de câte 10 mm grosime, este necesar un curent de 150 amperi).

Un pol al sursei de curent electric este legat la una din piesele de sudat printr'o priză de masă, iar celălalt la un electrod de metal.

Arcul produs între acestea topește electrodul de metal și metalul astfel topit leagă piesele ce trebuie sudate. Electrodul este prins într'un fel de clește, port-electrodul, pe care sudorul îl ține în mână. Pentru a-l feri de lumina arcului electric, vătămătoare pentru ochi, sudorul are nevoie de o mască, sau de ochelari speciali.

În arcul voltaic se produc raze ultraviolete și infraroșii periculoase pentru ochi. Dar, înafară de aceasta, lumina flăcării este atât de puternică, încât, privită direct, împiedecă pe sudor

să mai vadă locul de lucru. De aceea apărătoarea trebuie să aibă un geam special, cu o anumită compoziție, iar nu o sticlă colorată, obișnuită.

În afară de mască, sudorul trebuie să aibă și mănuși lungi de piele, care-l apără de arsuri, precum și un șorț de piele. Aliterul în care se lucrează trebuie să fie ventilat, căci se degajă fum și vapori de metal, vătămători.

În timpul executării sudurii se formează o sgură, care se îndepărtează cu un ciocănel și o perie de sârmă.

Pentru executarea unei bune suduri, se cere o alegere potrivită a electrozilor, a intensității curentului și a tensiunii, după felul pieselor de sudat și grosimea lor.

Electrozii, care servesc la sudură, sunt îmbrăcați de obicei într-o substanță. Fără înveliș, sudura nu este satisfăcătoare. Substanța îmbrăcăminteii este compusă din amestecuri, care diferă, după fabrica producătoare.

Rolurile ei sunt: a) să ușureze pornirea și menținerea arcului, b) să formeze prin topirea ei o apărătoare, împiedecând contactul cu oxigenul și azotul din aer, și, în sfârșit, c) să dirijeze arcul.

Se fabrică foarte multe feluri de electrozi. În totdeauna ei trebuie aleși după natura metalului pieselor ce sunt de sudat.

Curentul întrebuițat este cel continuu sau cel alternativ. Curentul continuu este produs de obicei de mașini rotative : motor care acționează un generator de curent continuu. Motorul poate fi electric și atunci se leagă la rețeaua electrică, sau un motor cu ardere internă (cu explozie sau Diesel).

Grupul acesta este de obicei mobil, instalat pe un cărucior cu roate.

Curentul alternativ se obține cu un aparat, care nu se mișcă (static), și anume cu ajutorul transformatorului, care se leagă la rețeaua electrică.

Din cele arătate mai sus rezultă că o instalație de sudură se compune din : port-electrod, priză de masă, aparatul care produce curentul, cu accesoriile lui, voltmetru, ampermetru, precum și accesoriile sudorului.

Dar, în afară de sudura electrică prin arc, se mai folosește în tehnică și sudura denumită prin *rezistență electrică* și care se face cu ajutorul unor mașini speciale, prin trei metode: a) sudura cap la cap; b) sudura prin cusătură; c) sudura prin puncte.

În sudura cap la cap, piesele sunt în contact și prin ele se trece un curent de intensitate foarte mare, iar tensiunea este numai de 1—3 V.

Din cauza rezistenței la contact și a intensității mari se degajă o cantitate de căldură importantă, care înmoaie capetele, iar prin presarea lor se va suda.

Se mai întrebuițează mașini pentru sudat prin puncte, folosite pentru tablă de maximum 10 mm.

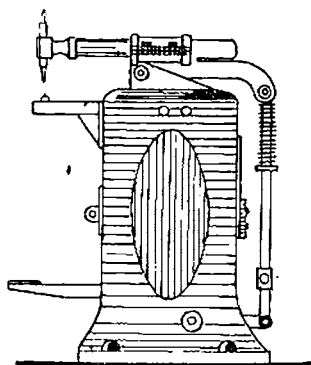


Fig. 55. — Mașină pentru sudat prin puncte

Tablele de sudat trec prin fața unui electrod ținut de un braț, care poate fi manevrat. Când se lasă în jos, presează tablele în punctul de contact, iar un curent electric trece și prin căldura degajată produce sudura. Se ridică apoi brațul și tabla este împinsă mai departe, etc.

Operațiunea se aseamănă cu nituirea.

În sfârșit sunt și mașini pentru sudură prin cusătură, la care electrozii sunt role și fac contact continuu între piesele de sudat.

După cum se vede, la sudura

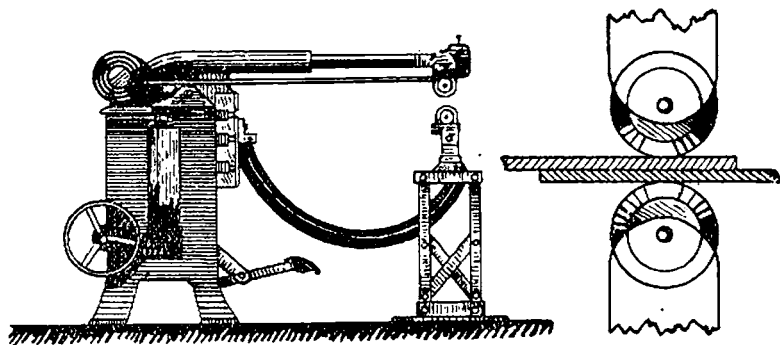


Fig. 56. — Mașină de sudat prin cusătură

prin arc este necesar să obținem topirea unui metal prin căldură, pe când la sudura prin rezistență, piesele încălzite electric trebuie și presate, spre a se îmbina.

Sudura electrică este un procedeu de lucru cu mari foloase în industrie.

Piesele sudate electric au rezistența mai mare decât acelea sudate prin alte mijloace, se pot obține construcții mai ușoare, timpul de lucru este mai scurt, etc.

Iată un exemplu de economie: Două piese de fier, având grosimea de 20 m<sup>2</sup>, spre a fi sudate la forjă are nevoie de 2 kg cărbuni, adică  $2 \times 6000 = 12\,000$  calorii.

Pentru sudura electrică este nevoie de 1 kWh, adică 860 kcal. Durata lucrului la sudura electrică este aproximativ 1/8 din durata lucrului la forjă.

Sudura înlocuiește bulonarea sau nituirea pieselor. Ea este folosită pentru îmbinat țevi, pentru executat rezervoare, căldări de abur, pentru diferite construcții de metal (de exemplu: poduri, schelete de case, etc.), pentru construirea vagoanelor, pentru construirea avioanelor, pentru îmbinat șinele de tramvai și pentru a repara diferite piese sau mașini rupte. Astăzi, chiar vapoarele se fac din table sudate.

Sudura electrică se folosește în special pentru oțeluri; piesele de fontă spre a se putea suda trebuie încălzite.

Pentru metale neferoase, sudura se întrebuințează mai rar și anume pentru cupru și aluminiu. Și despre istoricul sudurii electrice, se pot afla lucruri interesante în cartea „Țara Electricității”.

Poate în niciun alt domeniu al electrotehnicii contribuția genului științific al marelui popor prieten dela răsărit nu a fost mai larg răspândită în lumea întreagă ca în sudura electrică. Într’adevăr, însăși părinții sudurii electrice cu arc, Benardos și Slavianov, au fost ruși. Petrov publică în 1803 o lucrare: „Cunoștințe despre experiențele cu elemente galvanice săvârșite de profesorul Vasile Petrov” cu o baterie uriașă, formată din 4200 elemente de cupru și zinc. El arată posibilitățile de a întrebuința curentul electric la topirea metalelor.

Pe la 1885 Benardos, savant rus, brevetează sistemul său de sudură cu un electrod de cărbune.

În 1890 inginerul rus Slavianov a propus cea mai fundamentală îmbunătățire a sudurii cu arc înlocuind electrodul de cărbune cu un electrod metalic.

Cercetările în domeniul teoriei și principiilor sudurii cu arc s’au întreprins încă din primii ani ai regimului sovietic.



În această primă perioadă cercetările conduse de V. P. Nichitlin s'au îndreptat asupra caracteristicilor electrice ale arcului, asupra condițiilor de stabilitate și asupra caracteristicii sursei de curent. O altă serie de lucrări teoretice și experimentale au fost efectuate de marii specialiști sovietici G. M. Tihodaev, Hrenov și Alev.

În 1924 s'a pus în U. R. S. S. problema întrebuințării la sudura cu arc a curentului alternativ, ceea ce a permis întrebuințarea transformatoarelor electrice pentru a căpăta curentul necesar.

Pentru întrebuințarea metodelor de lucru se țin în U.R.S.S. consfătuiri periodice de specialiști, chiar și pe republici, cum a fost aceea din Octombrie 1947, care a avut rodnice rezultate în sudura electrică automată.

**31. Încălzirea conductelor electrice.** Am văzut până acum o serie de aparate care se folosesc de curentul electric.

Aparatele sunt legate de sursa de curent prin sârmă sau cabluri (adică sârme cu înveliș mai gros, izolanț), pe care le denumim *conducte electrice*.

Și ele au o rezistență electrică și deci și ele se vor încălzi la trecerea curentului. Dar dacă aceste conducte s'ar încălzi până la incandescență, ca filamentul lămpilor, ar propaga focul obiectelor din apropierea lor.

Orice sârmă electrică se încălzește la trecerea curentului, dar în același timp căldura se răspândește în aer. Această pierdere de căldură este cu atât mai mare cu cât conducta este mai groasă căci are o suprafață de contact cu aerul mai mare. Dacă intensitatea curentului este prea mare, conducta primește mai multă căldură decât pierde, și temperatura crește până la incandescență, chiar până la topirea metalului.

Pentru ca aceasta să nu se întâmple, *trebuie ca să se limiteze intensitatea de curent, după grosimea firului.*

S'a constatat prin experiență că printr'o sârmă groasă de 1 mm<sup>2</sup> izolată, folosită la instalații, poate să treacă oricât timp un curent de maximum 11 A, fără ca să se încălzească prea mult. Printr'o sârmă de 1,5 mm pot trece 14 A și așa mai departe, după cum se vede în tabela 3.

Faptul că o sârmă de o anumită grosime nu poate suporta decât un anumit curent maxim, ne servește la protejarea instalațiilor electrice prin cunoscutele *siguranțe*.

TABELA 3

Intensitățile de curent în conducte normale izolate  
cu cauciuc.

Grosimea conductei mm <sup>2</sup>	Intensitatea maximă A	Intensitatea siguranței A
0,75	9	6
1	11	6
1,5	14	10
2,5	20	15
4	25	20
6	31	25
10	43	35
16	75	60
25	100	80
35	125	100
50	160	125
70	200	160
95	240	200
120	280	225
150	325	260
185	300	300
240	450	350
300	525	430
400	640	500
500	760	600
625	880	700
800	1050	850
1000	1250	1000

Cea mai simplă siguranță este un fir metalic fuzibil (care se topește), introdus în circuitul electric ce trebuie protejat. El are o anumită grosime, corespunzătoare curentului maxim, pe care dorim să-l limităm.

La trecerea unui curent mai mare, firul fuzibil se încălzește și se topește, întrerupând trecerea curentului.

În practică, orice siguranță se compune dintr'un soclu, pe care sunt fixate două contacte, pentru intrarea și ieșirea curentului. Între contacte se introduce fuzibilul, care poate fi un fir sau o lamelă de metal.

Fuzibilul poate fi în aer liber sau poate fi închis într'un dop (patron) sau într'un tub.

Fuzibilele sunt făcute din diferite aliaje ale diferitelor corpuri: bismut, plumb și cositor, în diferite proporții. Temperatura lor de topire variază după aliaj, dela 60—200° C.

La intrarea în casă a cablului dela uzină, sau la ramifica-

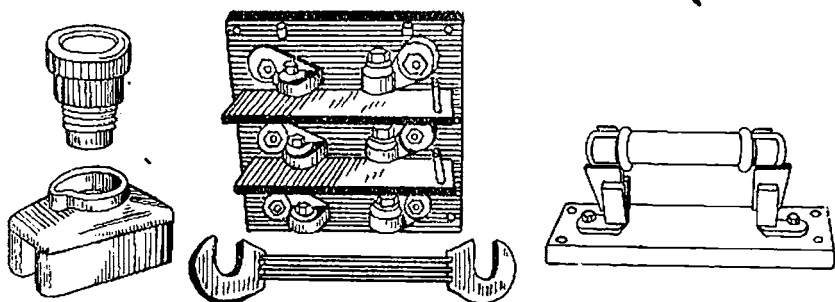


Fig. 57. — Siguranță în aer liber

Fig. 58. — Siguranță închisă în tub

țiile circuitelor, găsim instalate tablouri cu siguranțe, de tip închis.

Curentul în fiecare conductă trece prin siguranță și apoi își continuă drumul mai departe.

O astfel de siguranță, de tip închis, se compune din trei părți:

— un corp de porțelan, care se fixează pe tablou și care are două contacte, la care se leagă conducta care vine și cea care pleacă;

— un dop de porțelan;

— un capac.

Corpul este găurit, iar la fund are un contact de metal, de care se leagă una din conducte.

Peretele interior este o cămașă de metal, de care se leagă cealaltă conductă.

Dopul de porțelan are fixată în interior o sârmă de o anumită grosime.

Capacul se înșurubează în corp, printr'o parte de metal, și strânge înăuntru dopul. Un capăt al firului din dop este în atingere cu contactul dela fund, iar celălalt capăt cu contactul lateral al corpului siguranței.

Curentul care vine printr'o conductă trece deci printr'unul

din contacte, prin firul dopului fuzibilului, apoi prin celălalt contact și prin a doua conductă.

Dacă curentul care trece prin fuzibil este prea mare, fuzibilul se topește și întrerupe automat circuitul.

Căutăm atunci cauza care a produs mărirea curentului și o îndepărtăm. După aceea înlocuim dopul cu firul ars prin altul nou.

Siguranța este, deci, un mijloc de protecție al instalațiilor electrice.

În dop se mai găsește un fir, care este legat de un mic semnal colorat. Și acest fir se topește la curent prea mare, iar semnul colorat cade. În felul acesta, fără a desface capacul, se vede lesne că siguranța s'a ars.

Siguranțele sunt calibrate, adică o anumită siguranță se instalează pentru o anumită instalație electrică.

Siguranțele trebuie folosite întotdeauna cu dopuri de fabrică.

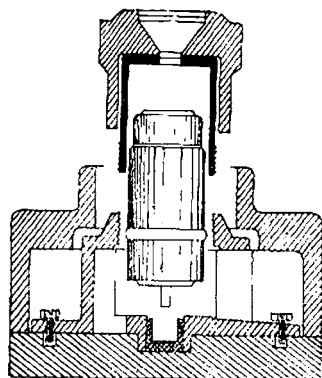


Fig. 59. — Siguranțe

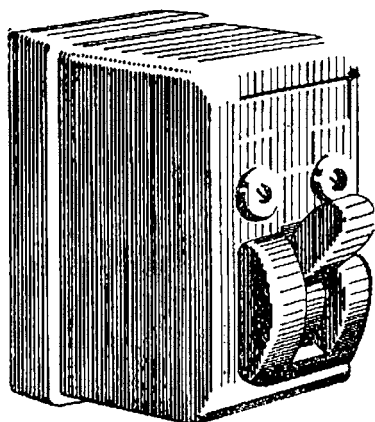


Fig. 60. — Întrerupător

Este greșit și periculos de a înlocui dopurile cu sârme, cuie, etc., sau a le înfășura cu sârme oarecare pentru ca să fie durabile. O siguranță de acest fel, pune în pericol instalația electrică a unei case și chiar casa.

Defectul cel mai obișnuit, provocat de mărirea curentului este *scurt-circuitul*.

El se produce astfel: Dacă două sârme, care vin dela sursa de curent (dela uzină de exemplu) pentru a alimenta un receptor (care are o rezistență), se pun în contact direct înaintea receptorului, avem un circuit în care este o forță electromotoare mare și o rezistență mică.

Efectul este un curent foarte mare, mult mai mare decât cel normal; acesta este un *curent de scurt-circuit*. El este foarte periculos, căci poate produce încălzirea puternică a firului și acesta poate să aprindă lucrurile din apropiere. Multe incendii s'au produs prin scurt-circuit, la instalații care nu au fost executate după regulile tehnice și la acelea la care siguranțele erau mai rezistente decât trebuie, adică acolo unde siguranțele nu se topesc la timp din cauza firului prea gros.

Pentru fiecare grosime de conductă electrică sunt prescrise tipurile de siguranțe după cum se arată în tabela 3.

Astfel, pentru conducta de  $1 \text{ mm}^2$ , trebuie o siguranță de 6 A. Există siguranțe de 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 125, 160 și 200 A, corespunzătoare diferitelor grosimi de conducte întrebuințate în instalații.

Orice circuit, care pleacă dela un tablou și care alimentează lămpi electrice și mici aparate trebuie echipat cu siguranțe. În loc de siguranțe cu fuzibile, instalațiile electrice pot să fie protejate prin întrerupătoare automate, adică întrerupătoarele care întrerup dela sine circuitul, când curentul este prea mare.

Asemenea aparate funcționează mai precis decât siguranțele cu fuzibile și mai au și alte avantaje: a) restabilirea curentului se poate face imediat prin închiderea cu mâna a întrerupătorului lui, fără a trebui să se înlocuiască vreo piesă (cum se întâmplă la siguranțele cu fuzibile); b) nici nu se poate face greșeala de a folosi o siguranță mai puternică decât ar trebui.

Întrerupătoarele automate se instalează pe tablourile de distribuție ca și siguranțele.

Ele se bazează în general pe fenomenul magnetic al curentului electric.

**32. Aparat de măsură pe baza efectului caloric (termic).** — Am văzut în capitolul II că, folosindu-ne de efectul chimic, cu ajutorul unui voltmetru putem măsura intensitatea unui curent într'un circuit electric.

Metoda cere însă timp, căci trebuie să cântărim de fiecare dată substanța depusă pe electrozi. De aceea se folosește numai în laboratoare pentru măsurători precise. Pentru nevoile tehnice, trebuie metode cu rezultate mai rezeți. Pe baza fenomenului caloric, s'au construit aparate mai simple.

Între două cleme *A* și *B* este întins un fir subțire de metal (din aliaj de platină sau argint, sau platină și iridiu) prin care trece curentul circuitului. În punctul *C* este lipit al doilea fir, celălalt capăt al lui este fixat în *D*. În *E* este legat un fir de mătase trecut peste o rola, care poartă un

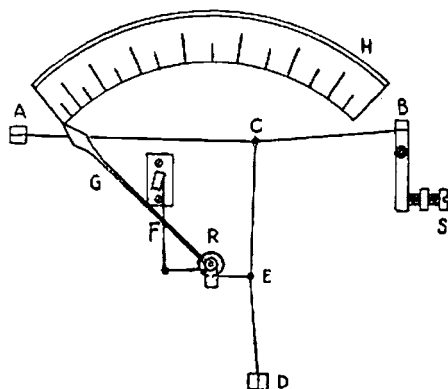


Fig. 61. — Ampermetru termic

ac arătător *G*. Pe rola mai este fixat un al doilea fir de mătase, prins de arcul *F*.

Când trece curentul prin firul *AB*, acesta se încălzește și se dilată. Arcul *F* trăgând de firul de mătase rotește rola, până ce firele sunt întinse. Dar rotindu-se rola, arătătorul se mișcă în fața cadranelui *H*, care este gradat în amperi.

### Exerciții

#### Întrebări

1. Ce cantitate de căldură se produce la trecerea timp de 10 ore a unui curent de 5 A printr-o rezistență de  $2\ \Omega$  ?
2. Un vas electric de apă are o putere de 600 W. Ce cantitate de căldură se produce la o funcționare de 3 ore?
3. Câți ohmi are rezistența electrică a acestui vas, presupunând că este legat la 220 V?
4. Dela o mașină generatoare de curent continuu, pleacă două conducte de cupru, având secțiunea (grosimea) de  $50\ \text{mm}^2$  și lungimea de 200 m care alimentează 50 becuri de 100 W, montate în derivație. Becurile funcționează la tensiunea de 110 V. Ce intensitate are curentul produs de mașină? Care este puterea consumată de becuri și care este puterea consumată prin încălzirea conductelor?
5. Dacă în loc de conducte de  $50\ \text{mm}^2$  s'ar folosi conducte de  $16\ \text{mm}^2$ , la cât s'ar ridica puterea consumată prin încălzirea conductelor?
6. Dacă lămpile ard 5 ore pe zi, ce cantitate de energie se consumă într'un an prin încălzirea conductelor în fiecare din cele două cazuri? Dar în becuri?

### Răspunsuri:

1.  $Q = 0,00024 \times 2 \times 5^2 \times 36\,000 = 432$  calorii.

2. În timp de 3 ore se consumă  $\frac{600 \times 3}{1000} = 1,8$  kWh.

3.  $W = UI$ ;  $600 = 220 \times I$ ; de unde  $I = 2,7$  A.

Dar  $R = \frac{U}{I} = \frac{220}{2,7} = 81 \, \Omega$

4. Un bec de 100 W consumă un curent de  $\frac{100 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0,9$  A.

Cele 50 de becuri vor consuma  $0,9 \times 50 = 45$  A.  
Puterea consumată de cele 50 becuri este de

$$50 \times 100 \text{ W} = 5000 \text{ W}.$$

Puterea consumată în conducte:

$$RI^2 = \frac{1}{57} \times \frac{2 \times 200}{50} \times 45^2 = 286 \text{ W}$$

$$5. RI^2 = \frac{1}{57} \times \frac{2 \times 200}{16} \times 45^2 = 888 \text{ W}.$$

6.  $365 \text{ zile} \times 5 \text{ ore} = 1825 \text{ ore pe an}.$

$$286 \times 1825 = 422 \text{ kWh}.$$

$$888 \times 1825 = 1620 \text{ kWh}.$$

$$50 \times 100 \times 1825 = 9125 \text{ kWh}.$$

### Intrebări recapitulative

1. Ce numim efectul Joule-Lenz?
2. În afară de electricitate, care altă formă de energie se poate transforma în căldură?
3. Ce este echivalentul mecanic al caloriei?
4. Ce este echivalentul termic al curentului electric?
5. La un wattsecundă câte calorii corespund? Dar la un kilowattoră?
6. Ce este o lampă incandescentă?
7. Ce fel de filamente se folosesc? De ce?
8. De ce filamentul este introdus într'un glob din care s'a scos aerul? De ce se întrebuițează gaze inerte?
9. De ce filamentul se execută în formă de spirală?
10. Prin ce date se caracterizează un bec?
11. Ce se numește flux luminos? Ce este lumenul? Ce legătură este între flux și puterea unei lampi?
12. Care este durata mijlocie de funcționare a unei lampi?
13. Ce este arc electric?

14. Ce inconveniente are iluminatul electric cu arc?
15. De ce se întrebuițează încălzitul prin electricitate?
16. Ce sunt cuptoarele electrice industriale? La ce servesc?
17. Ce este sudura?
18. Ce metode de sudură electrică sunt folosite?
19. La ce lucrări este folosită sudura electrică?
20. Cel fel de surse de curent sunt folosite pentru sudura electrică?
- Ce sunt electrozii?
21. Ce întrebuițări casnice are încălzitul electric?
22. Pe ce principiu se bazează aparatele electrice termice de măsură?
23. De ce conductele electrice nu se înroșesc la trecerea unui curent?
24. Ce limitează curentul într-o conductă?



#### IV. EFECTUL CHIMIC

33. **Electroliza.** Am văzut ce este efectul chimic. Să mai repetăm experiențele respective.

Luăm un vas de sticlă în care am pus două bastonașe de metal (la distanță unul de altul) pe care le legăm la cei doi poli ai unei surse de curent continuu.

Aceste bastonașe se numesc *electrozi*, adică drumuri de curent.

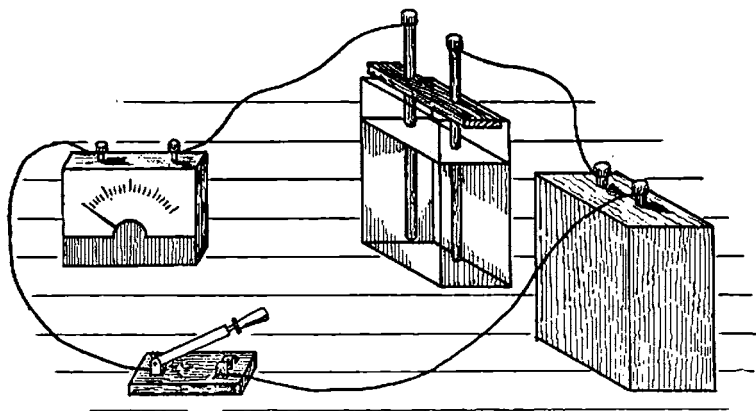


Fig. 62. — Producerea electrolizei

Închidem întrerupătorul circuitului. Ampermetrul nu arată niciun curent. Punem apă curată în vas. Nimic nu se schimbă. Disolvăm în apă sulfat de cupru. Sulfatul de cupru se mai numește și piatră vântă și servește mai ales la stropitul viilor pentru a le feri de ciuperci vătămătoare. Este un corp compus din cupru, sulf (pucioasă) și oxigen, având formula chimică  $\text{SO}_4\text{Cu}$ .

Închidem întrerupătorul. De data aceasta ampermetrul arată un curent. Mai observăm după câțva timp că pe electrodul legat la polul negativ al sursei de curent s'a depus *cupru*.

Deel cuprul s'a desfiăcut din sulfatul de cupru și a fost împins, depunându-se pe acest electrod. Electrocul negativ se numește *catod*, iar cel pozitiv se numește *anod*.

Fenomenul se numește *electroliză* și numele vine dela cuvântul grecesc „lisis” care înseamnă desfacere. Lichidul în care s'a produs se numește *electrolit*.

Fenomenul acesta nu se produce cu orice corp. Am văzut că apa curată nu se descompune; de asemenea nici alte corpuri disolvate în apă, cum ar fi zahărul.

Descompunerea prin electroliză o suferă acizii, bazele și sărurile în soluție sau topite.

Metalele și hidrogenul din aceste corpuri se depun întotdeauna pe catod, iar restul corpului apare la anod. Aparatul cu care am făcut experiențele este o *bale electrolitică*.

Când acest aparat ne servește pentru măsurarea curentului îl numim *voltametrul*.

Să continuăm experiențele noastre cu voltametrul pentru ca să stabilim care sunt legile electrolizei.

Să închidem întrerupătorul și să-l lăsăm astfel un anumit timp. Vom constata că s'a depus o cantitate de cupru.

Să repetăm experiența, dar să o lăsăm să dureze un timp dublu; vom constata că s'a depus de două ori mai mult cupru decât în primul caz. Să lăsăm să dureze un timp de trei ori mai mare și vom constata o depunere de trei ori mai mare. Și așa mai departe.

În toate aceste experiențe nu am schimbat curentul. Să facem acum electroliza cu diferiți curenți, dar toate de aceeași durată.

Să variem rezistența reostatului în așa fel ca prin circuitul voltametrului să treacă un curent de 1 A și să socotim cu un cronometru (ceas de precizie) durata experienței. Pe catod vom măsura o cantitate de cupru depusă, care împărțită la numărul secundelor experienței ne va arăta că într-o secundă s'a depus 0,329 mg.

Mărim curentul la 2 A. După același timp vom constata că s'a depus într-o secundă 0,658 mg adică de două ori mai mult decât în cazul precedent.

Mărim la 3 A. După același timp vom constata că s'au depus într-o secundă 0,987 mg, adică de trei ori mai mult ( $3 \times 0,329$ ) și așa mai departe.

Dacă vom face experiența cu un alt corp, de exemplu o sare care conține argint vom constata aceleași fenomene; dar într-o secundă și la 1 A, cantitatea depusă nu mai este de 0,329 mg, ci 1,118 mg.

Din aceste experiențe tragem concluziile următoare :

Cantitatea de metal depusă în fenomenul electrolizei este cu atât mai mare cu cât curentul este mai mare și cu cât durata experienței este mai lungă. În timp de o secundă și la un curent de 1 A se depune din fiecare corp o anumită cantitate :

Mai pe scurt :

*Cantitatea de substanță depusă în fenomenul electrolizei este proporțională cu timpul și cu intensitatea curentului.*

Această lege a fost exprimată pentru prima oară de Faraday, de aceea îi poartă și numele. În formulă ea se exprimă astfel :

$$G = gIt$$

În care:

*G* este greutatea de metal depusă în mg.

*I* este intensitatea curentului în A.

*t* este timpul în secunde.

*g* se numește *echivalentul electrochimic al corpului*.

Dacă  $t = 1$  secundă, iar  $I = 1$  A.  $G = g \times 1 \times 1 = g$ .

Deci *echivalentul electrochimic este cantitatea de metal depusă când intensitatea este de 1 Amper, iar durata de 1 secundă*. Echivalentul electrochimic variază dela o substanță la alta, după cum arată tabela 4.

Observăm că intensitatea înmulțită cu timpul dă cantitatea de electricitate; deci putem exprima legea lui Faraday și astfel :

*Cantitatea de substanță depusă în fenomenul electrolizei este proporțională cu cantitatea de electricitate care a străbătut electrolitul.*

*Echivalentul electrochimic este cantitatea depusă prin trecerea unui culomb.*

## Echivalenții electrochimici.

Corpul	<i>g</i> miligrame
Argint . . . . .	1,118
Cupru . . . . .	0,329
Plumb . . . . .	0,659
Aur . . . . .	1,0735
Fier . . . . .	0,6812
Aluminiu . . . . .	0,2893
Nickel . . . . .	0,1930
Hidrogen . . . . .	0,0935
Zinc . . . . .	0,304
Sodiu . . . . .	0,01044
Potasiu . . . . .	0,3387
Platină . . . . .	0,2383
Crom . . . . .	0,4052
	1,0104
	0,1798

În capitolul doi am împărțit corpi în conducători, izolanți și electroliti.

Și electrolizii au rezistență ohmică. Și pentru ei se aplică legea lui Ohm. Experiențele sunt mai greu de făcut cu acești corpi deoarece prin trecerea curentului se descompun. Pentru a evita fenomenul chimic se întrebuițează curenți alternativi, adică curenți care își schimbă mereu sensul.

Mai observăm că rezistența electrolizilor scade foarte mult când temperatura lor crește.

*Aplicație:* Cantitatea de cupru depusă la catod, dintr-o soluție de cupru prin care trece un curent de 15 A timp de 4 ore este:

$$G = 0,329 \times 15 \times 4 \times 3600 = 71,064 \text{ grame.}$$

Electroliza se poate face asupra a numeroase corpi:

Foarte simplu se procedează cu apa. Apa curată nu lasă să treacă curentul electric. Să turnăm însă în voltmetru apă în care am picurat vitriol (acid sulfuric).

Deasupra electrozilor să punem câte un tub de sticlă care se continuă cu câte o țevă subțire având și un robinet. Tuburile le umplem tot cu apă acidulată cu vitriol.

Legăm electrozii la o sursă de curent. Se constată că în jurul lor se ridică bășici care se adună la partea superioară a tuburilor și că în fiecare tub nivelul apei se coboară. Deschidem robinetele pe rând. Vom constata că se scurge un gaz, și anume dela electrodul negativ hidrogen, iar dela cel pozitiv oxigen, adică cele două corpuri care compun apa.

**34. Reacțiuni secundare.** Fenomenul de electroliză nu se petrece întotdeauna atât de simplu după cum am arătat mai sus. Corpii descompuși pot să se combine cu electrozii sau cu electrolitul și să rezulte alte substanțe.

Astfel dacă se face electroliza soluției de sare de bucătărie, care se compune din clor și sodiu (formula chimică  $\text{NaCl}$ ) va rezulta clor și sodiu (numit și natriu).

Dar sodiul se combină cu apa ( $\text{H}_2\text{O}$ ) și dă o leșie de sodiu ( $\text{NaOH}$ ) și hidrogen  $\text{H}$ . Deci la catod va apare hidrogen în loc

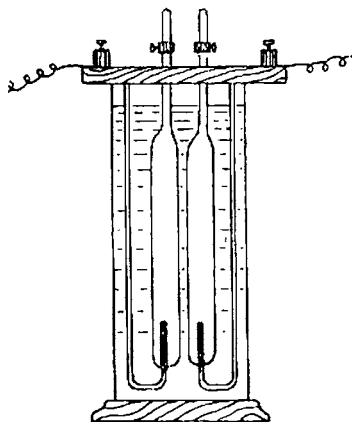
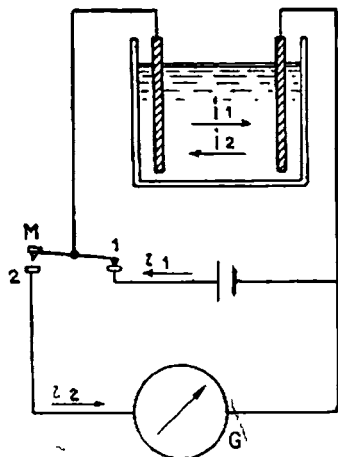


Fig. 63 a. — Electroliza apei



$i_1$  = Curent de încărcare  
 $i_2$  = Curent de depolarizare

Fig. 63 b. — Fenomene de polarizare.

de sodiu. Spunem că în asemenea cazuri electroliza este însoțită de *reacțiuni chimice secundare*.

Și în cazul sulfatului de cupru se produc *reacțiuni secundare*.

În adevăr corpul se separă în cupru care merge la catod, iar sulful + oxigenul ( $\text{SO}_4$ ) se combină cu hidrogenul apei din soluție ( $\text{H}_2\text{O}$ ) și dă acid sulfuric ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ) și oxigen care se degajă.

Dacă anodul este de cupru, el va fi atacat de acidul sulfuric producând sulfat de cupru.

În sfârșit, și în cazul electrolizei apei în care s'a pus acid sulfuric se produc reacțiuni secundare.

**35. Polarizarea electrozilor.** Ori de câte ori se face o electroliză se constată că fenomenul nu începe decât dacă tensiunea aplicată este mai mare decât o anumită valoare.

Motivul este că prin depunerea de substanțe pe suprafața electrozilor ia naștere o forță electromotoare care se opune tensiunii aplicate și care se numește forță *electromotoare de polarizare*.

Dacă desfacem legăturile dintre sursa de curent și electrozi, unindu-i pe aceștia cu un conductor, introducând și un ampermetru, vom constata un slab curent datorit tocmai acestei forțe electromotoare de polarizare.

În figura 63 b, se arată o asemenea experiență.

Apăsând pe butonul întrerupătorului M., în poziția 1 se va produce electroliza, în poziția 2 vom constata un curent în sens invers datorit forței electromotoare de polarizare.

### Aplicațiile electrolizei în ateliere

**36. Galvanotehnica.** Fenomenul electrolizei a fost folosit mult timp pentru a îmbrăca obiecte de metal cu un strat subțire din alt metal.

Această operație se numește *galvanostegie*.

Ca electrolit se folosește un compus care conține metalul din care trebuie să fie îmbrăcămintea. Obiectul se pune la catod, iar la anod același metal sau un electrod inert, adică un electrod care nu participă la electroliză.

Soluția se descompune, metalul merge la catod și se depune pe obiect. Metalul dela anod se disolvă (dacă este același) completând astfel conținutul soluției.

Dacă anodul este inert, soluția trebuie treptat completată.

Sursa de curent necesară pentru operații este de câțiva volți, 1—6 V.

Galvanostegia se folosește pentru a îmbrăca o piesă cu un metal în scop decorativ sau pentru a o proteja de rugină, acizi, etc.

Obiectele înainte de a fi puse în electrolit trebuie bine curățate. Electroliții sunt formați din compuși care conțin metalul ce trebuie depus precum și alte corpuri care măresc conductibilitatea soluției.

Asemănătoare este *galvanoplastia* adică procedeul de a obține o copie întocmai după obiect. A fost descoperită de învățatul rus Iacobi.

Galvanoplastia constă în următoarele: după obiect, de exemplu după o medalie, se face o matriță aplicând ceară, se unge cu grafit pentru a o face conducătoare de electricitate și se instalează la catodul unei băi de electroliză.

Această matriță este o reproducere negativă, adică acolo unde obiectul are o adâncitură, matrița are o ieșitură și invers.

Dacă se pune în baie o soluție de sare de cupru și la anod o placă de cupru se obține pe matriță o depunere de cupru, care trebuie să aibă loc timp mai îndelungat, pentru ca să depună un

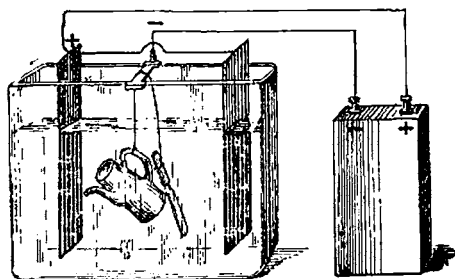


Fig. 63 c. — Galvanoplastia

strat suficient de gros, și astfel piesa obținută după îndepărtarea matriței de ceară să aibă suficientă rezistență pe lângă o exactă reproducere a originalului.

Metalele cele mai obișnuite în procedeele de electroliză de mai sus sunt: cuprul, zincul, nichelul, cromul, argintul, aurul, cobaltul, cositorul, plumbul, cadmiul și bronzul.

Iată câțiva din electroliții folosiți:

*Pentru cupru*

Sulfat de cupru	150—200 g/l.
Acid sulfuric	50—100 g/l.

*Pentru zinc*

Sulfat de zinc	300 g/l
Sulfat de aluminiu	30 g/l.
Sare de bucătărie	120 g/l.
Acid Boric	35 g/l.
Dextrină	20 g/l.

*Pentru nichel*

Sulfat de nichel și amoniu	50—75 g/l.
Sulfat de nichel	100 g/l.
Tipirig	15 g/l.
Acid Boric	15 g/l.

*Pentru crom*

Oxid cromatic	250—300 g/l.
Acid sulfuric	2,5—3 g/l.

T A B E L A 5

**Grosimea straturilor de metal depuse**

Metalul	mm	Coefficient de folosire
Argint .	0,039 . . .	0,98
Cupru .	0,013 . . .	0,98
	0,017 . . .	0,65—0,70
Nichel . .	0,0123 . .	0,94
Zinc . .	0,0165 . .	0,95
Crom . .	0,0006 . .	0,13
Plumb . .	0,034 . .	0,99

În tabela 5 sunt arătate grosimile straturilor de metal depuse într-o oră pe un catod de 1 dm<sup>2</sup> când intensitatea curentului este de 1 A.

**Procedeele electrolitice folosite în industrie**

37. **Electrometalurgia.** Electroliza este întrebuințată însă în industrie și pentru alte scopuri, mult mai importante și anume: pentru extragerea unor metale din minereuri și pentru rafinare: *Rafinarea electrolitică.* Metalele obținute prin diferite pro-



cedee metalurgice nu sunt destul de curate. Prin electroliză se poate face rafinarea lor, dacă este necesară.

**Rafinarea cuprului.** Am văzut că dintre toate metalele mai des folosite, cuprul are rezistența cea mai mică și de aceea este metalul cel mai potrivit pentru fabricarea conductorilor electrici.

Cuprul care conține corpuri străine își pierde însușirile pentru a fi bun conductor.

Metalul care se obține prin procedeele metalurgice nu este destul de curat. Rafinarea lui se face prin electroliză punând la anod cuprul brut, metalurgic, care conține 98—99,5% cupru. Ca electrolit se folosește o soluție de sulfat de cupru.

La catod este transportat prin curent electric cuprul curat, deci rafinat. Se obține astfel un corp care conține aproximativ 99,75% cupru, și chiar mai mult; deci la un kilogram de asemenea cupru, corpurile străine pot să mai fie de cel mult 2,5 g.

Cuprul astfel obținut se numește *electrolitic* și este de mare întrebuințare în electrotehnică.

Printre corpurile care rămân în baia electrolitică sunt și metalele prețioase, ca argintul, care sunt apoi și ele prelucrate.

Rafinarea electrolitică se mai întrebuințează și pentru alte metale: argint, aur, plumb, nichel, cositor, bismut.

**Fabricarea aluminiului.** Al doilea metal important, după cupru, în electricitate este aluminiul. El se obține prin procedee electrice.

Materia primă este minereul numit bauxita (un compus al aluminiului cu oxigenul) care, prin anumite metode, este transformată în alumină  $Al_2O_3$ . Aceasta este topită într'un cuptor cu arc electric, într'o baie care mai conține și o altă substanță numită criolită, și în același timp supusă electrolizei. Aluminiul se separă și se depune la catod care este format din cărbune. Temperatura de încălzire este de vreo 1000°.

Cuptoarele de fabricație au diferite forme. În fig. 64 se vede un asemenea cuptor.

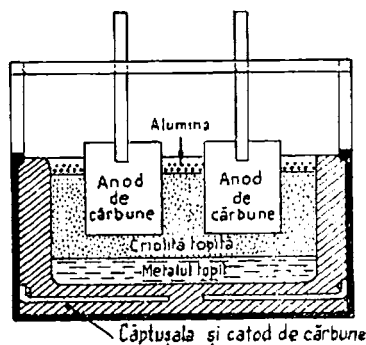


Fig. 64. — Cuptor pentru aluminiu

Fabricarea aluminiului cere o mare cantitate de electricitate 20—25 kWh la 1 kg de metal.

În țara noastră avem rezerve importante de bauxită în Transilvania și de îndată ce se vor construi mari uzine hidro-electrice vom putea deveni producători de aluminiu, metal folosit atât în electricitate cât și în alte scopuri.

Una din țările mari producătoare de aluminiu este U.R.S.S. În cursul planurilor cincinale producția a fost sporită foarte mult, prin mărirea producției de minereu și prin construirea de uzine hidroelectrice. Marea uzină Dneproghess (pe Nipru) servește, între alte scopuri, și pentru a produce aluminiu.

Și Republica Populară Română poate deveni o țară producătoare de aluminiu, căci posedă bauxită.

*Electroliza sodiului și magneziului.* Sarea de bucătărie (care se compune din clor și sodiu) este topită și pusă în baia de electroliză.

Prin trecerea curentului sodiul se depune la catod, iar la anod se degajă gazul clor. Sodiul se mai poate obține și din alt compus (NaOH).

Printr-o operație asemănătoare se obține magneziul în baia electrolitică punându-se clorură de magneziu (un corp format din clor și magneziu) sau alt compus.

*Alți corpi.* Procedul electrolitic se aplică și pentru obținerea altor corpi : zinc, nickel, cadmiu, antimoniu, aur și argint.

### Alte aplicații ale electrolizei

**38. Electrochimia.** *Electroliza apei.* Am arătat că prin electroliza apei se obține hidrogen și oxigen de foarte mare puritate.

Hidrogenul astfel obținut este folosit pentru sudură, pentru fabricarea amoniacului, etc., iar oxigenul în special pentru sudură.

Pe cale industrială, electroliza se face punând în baie apă cu adaus de sodă caustică (NaOH) sau potasă caustică care face lichidul conductibil.

Reacțiunea chimică este  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$ .

**39. Coroziunea electrolitică.** Fenomenul electrolizei pe lângă foloase poate să aducă și neajunsuri. Vom arăta cum electroliza distruge conductele de apă, gaz, cablurile electrice, etc.

În pământ circu'ă adeseori curenți electrici din cauze pe care le vom arăta mai jos. Asemenea curenți se numesc *vagabonzi*. Dacă în drumul lor sunt conducte sau alte părți de metal, vor circu'la prin ele până în anumite puncte unde le părăsesc pentru a urma mai departe circuitul lor.

Aceste părți metalice pot fi așezate în terenuri umede sau îmbibate de anumiți acizi.

Situația în acest caz este asemănătoare cu aceea a unei electrolize.

Efectul este disolvarea conductei sau părții de metal din care iese curentul. Fenomenul se numește *coroziune electrolitică*.

Curenții vagabonzi cei mai obișnuiți sunt datorati tramvaielor electrice.

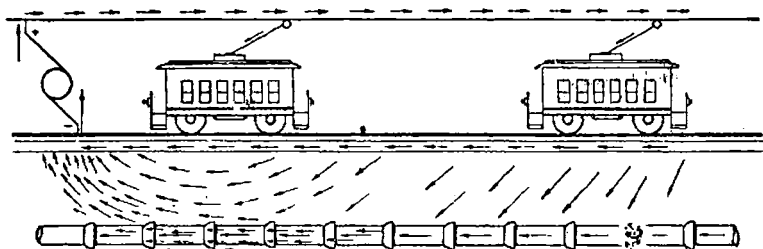


Fig. 65. — Coroziunea conductelor

Motoarele vagoanelor primesc dela uzină curentul prin firul aerian, iar întoarcerea la uzină se face prin șine.

Uneori curenții părăsesc șinele și intră în conducte de metal așezate în vecinătate, care prezintă o cale cu rezistență mai mică.

Pentru a ajunge la uzină curenții trebuie să părăsească și aceste conducte. În acele locuri se produc coroziunile.

Efectele coroziunilor sunt foarte grave. Conductele de apă sau gaze sunt găurite, iar învelișurile de metal ale cablurilor deteriorate.

Câteva cifre ne vor arăta efectele electrolizei. Un amper timp de un an corodează 9 kg de fier sau 34 kg de plumb.

De aceea trebuie luate măsuri pentru a evita coroziunile.

Măsurile sunt următoarele: legături electrice bune între șine, pentru ca rezistența să fie mică și deci curenții să ia a-

ceastă cale în loc de a lua alte căi cu rezistență mai mică; protejarea conductelor prin învelișuri care să le apere de acest transport de sarcini electrice, al ionilor.

**40. Elementele galvanice.** Ne-am folosit în foarte multe din experiențele noastre de până acum de pile galvanice. Funcționarea lor este datorită tot efectului chimic.

Cel mai simplu element galvanic se compune dintr'un vas de sticlă în care s'a pus o soluție slabă de acid sulfuric și în care s'a introdus o placă de cupru și alta de zinc.

Cu ajutorul unui voltmetru constatăm că între cele două plăci este o tensiune de 0,9 V.

Dacă legăm un asemenea element într'un circuit vom constata cu ajutorul unui ampermetru că se produce un curent electric și că placa de cupru este borna pozitivă, iar placa de zinc este borna negativă. Calculând rezistența firului de legătură și măsurând intensitatea curentului, deducem cu ajutorul legii lui Ohm forța electromotoare, pe care o constatăm egală cu tensiunea găsită mai sus.

În interiorul elementului, curentul merge dela zinc la cupru, pentru a închide circuitul, care știm că în exterior are sensul dela + (cupru) la — (zinc).

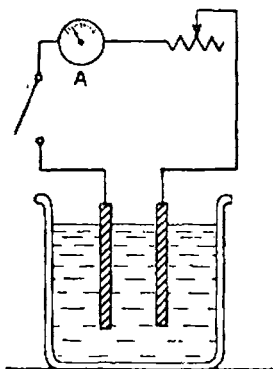


Fig. 66. — Element galvanic

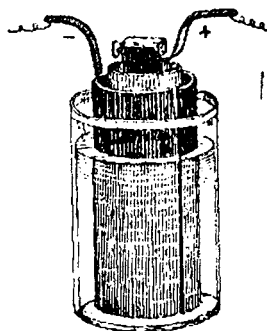


Fig. 67. — Pila Bunsen

Asemenea elemente au fost primele surse de curent electric, folosite și descoperite de Volta la 1800, bazându-se pe lucrările anterioare ale lui Galvani.

Elementul funcționând, constatăm că zincul se disolvă, iar în jurul cuprului apare hidrogen. Deci, în aparat se produce o reacțiune chimică care este cauza curentului.

După câțva timp de funcționare a pilei constatăm că a slăbit curentul foarte mult, iar tensiunea între electrozi a scăzut. Fenomenul se numește *polarizare* și el este datorit în parte tocmai acoperirii cuprului cu hidrogen, ceea ce face să se mărească rezistența la trecerea curentului electric.

Dar, nu este numai atât. În pilă, la suprafața de contact dintre electrozii astfel acoperiți și electrolit, ia naștere o forță electromotoare contrarie curentului; aceasta se numește *forță electromotoare de polarizare*, pe care am întâlnit-o și în fenomenul electrolizei.

Pentru a evita acest neajuns, care face elementele galvanice neîntrebuintabile, s'au căutat mijloace ca hidrogenul să fie oxidat îndată ce se produce, sau să se întrebuințeze electroliti din care să nu se producă separarea hidrogenului.

Elementele galvanice se leagă de obicei *în serie*, adică polul pozitiv al unuia cu polul negativ al altuia, formând *baterii* de elemente galvanice.

**Elemente depolarizante:** *Pila Bunsen.* Se compune dintr'un vas de sticlă în care se pune o soluție de sulfat de cupru (proporția de 1/10).

În soluție se introduce un al doilea vas, poros însă; în acesta se pune o soluție de acid azotic în care se așază o placă sau un baston de cărbune de retortă. Acesta este electrodul pozitiv.

Vasul poros este înconjurat de un cilindru de zinc care constituie polul negativ.

Vasul poros împiedecă cele două lichide să se amestece, dar lasă să treacă hidrogenul degajat; acesta, îndată ce se produce, se combină cu acidul azotic și, deci, nu mai dă naștere efectului polarizator.

O pilă Bunsen are o tensiune de 1,8 V.

*Pila Daniell.* Este asemănătoare: în vasul de sticlă se pune o soluție de sulfat de zinc, iar în vasul poros o soluție de sulfat de cupru.

Electrodul negativ este o lamă de zinc, iar cel pozitiv o lamă de cupru. Forța electromotoare este de aproximativ 1,1 V.

*Pila cu bicromat de potasiu.* Electrozii sunt constituiți din

cărbune și zinc; electrolitul este acid cromic sau bicromat de potasiu, într-o soluție diluată de acid sulfuric (vitriol). Compusul cromului servește ca depolarizator.

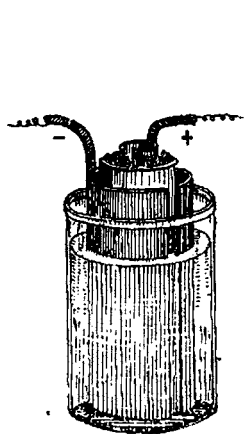


Fig. 68. — Pila Daniell

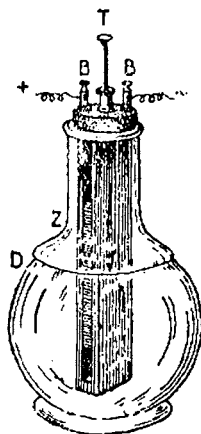


Fig. 69 a. — Pila cu bicromat de potasiu

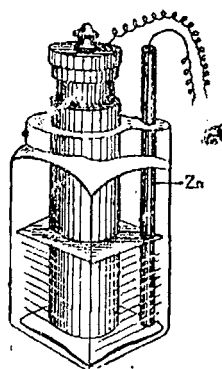


Fig. 69 b. — Pila Leclanché

Electrozii se cufundă în soluție numai în timpul funcționării. Forța electromotoare a acestei pile este de 1,9 V.

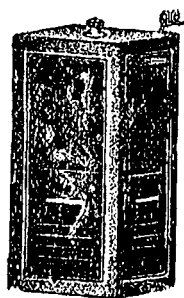
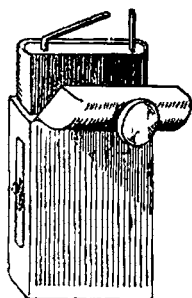


Fig. 69 c, d. — Pile uscate

*Pila Leclanché.* Electrocul pozitiv este un bastonaș de cărbune introdus într'un săculeț de pânză sau într'un vas poros în care este îndesat bioxid de mangan. Electrocul negativ este din

zinc. Ambii sunt cufundați într'un vas de sticlă în care se află o soluție de clorură de amoniu (țipirig).

Depolarizantul este bioxidul de mangan. Această pilă este folosită mai ales pentru sonerii și instalații de telefon locale, întrebuințări în care durata curentului este scurtă.

Forța electromotoare aproximativ: 1,5 V.

*Pila de mare putere.* Electrozii sunt cărbunele și magneziu, iar electrolitul un amestec de acid cronic și acid sulfuric.

Forța electromotoare aproape: 2 V.

Mai sunt și alte pile: De exemplu pila Meldinger, folosită la instalațiile de telefon, pila de cupru și oxid de zinc în hidrat de sodiu.

*Pila uscată.* Un bastonaș de cărbune este pus într'un săculeț umplut cu bioxid de mangan. Acesta este introdus într'un cilindru de zinc, umplut cu un electrolit în formă de pastă, compus din amestec de țipirig sau clorură de magneziu, gelatină, kiesselgur, asbest, etc.

Zincul este atacat numai la trecerea curentului. După cum se constată acest element nu are electrolit lichid, de aceea se poate transporta cu ușurință. Forța electromotoare 1,3—1,6 V.

Pentru lămpi de buzunar se unesc în serie câte trei asemenea elemente. După cum se constată, este o pilă Leclanché puțin modificată.

*Caracteristicile elementelor galvanice.* Ele se mai numesc și *elemente primare*. Curentul, la trecerea lui prin asemenea element, întâmpină o rezistență, care se numește *rezistență internă*. În general elementele galvanice nu au o durată lungă.

41. *Acumulatorile* sunt o aplicațiune foarte importantă a fenomenului electrochimic și anume a fenomenului de polarizare.

Dacă facem electroliza acidului sulfuric într'un vas în care electrozii sunt de plumb, vom constata că anodul ia o culoare roșcată-șocolatie, din cauză că plumbul se oxidează.

Bine înțeles pentru aceasta s'a consumat o cantitate de electricitate. Desfacem legăturile dela sursa de curent și legăm între ei polii. Se produce un curent de sens invers de depolarizare:

Deci cantitatea de electricitate a fost înmagazinată și apoi este restituită. Acesta este cel mai simplu acumulator.

Să cercetăm însă în mod mai amănunțit modul de funcționare al acumulatorilor.

Dacă se cufundă două plăci de plumb într'o soluție slabă de

acid sulfuric (vitriol), se constată că se formează la suprafața lor un corp numit sulfat de plumb ( $\text{PbSO}_4$ ).

*Încărcarea acumulatorului.* Să legăm cele două plăci la bornele unei surse de curent continuu: se va produce electroliza acidului sulfuric. Hidrogenul va merge la polul negativ și va re-

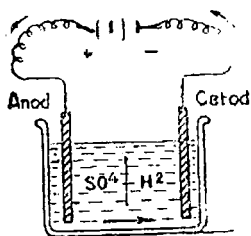


Fig. 70 a. — Acumulator la încărcare

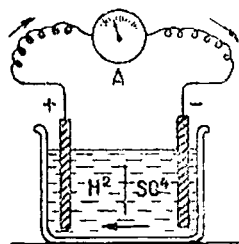


Fig. 70 b. — Acumulator la descărcare

duce sulfatul de plumb adică se va combina cu el în așa fel că se produce acid sulfuric și plumb ( $\text{PbSO}_4 + \text{H}_2 = \text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Pb}$ ). Apărând plumbul, polul negativ ia culoarea acestuia, adică o culoare cenușie.

Restul din acidul sulfuric (adică  $\text{SO}_4$ ) merge la polul pozitiv și combinându-se cu sulfatul de plumb dă *superoxid de plumb* și *acid sulfuric*. ( $\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_4 = \text{PbO}_2 + 2\text{SO}_4\text{H}_2$ ) ; superoxidul de plumb are culoarea roșcată și de aceea polul pozitiv devine roșcat.

După cum se constată, în timpul operației de încărcare se produce acid sulfuric, deci conținutul soluției în acid sulfuric se mărește.

Dacă tot sulfatul de plumb dela polul negativ a fost transformat în plumb și totuși continuăm încărcarea acumulatorului, atunci hidrogenul produs, ne mai având cu cine să se combine se împrășteie în aer.

Cei care au văzut cum se încarcă un acumulator știu că atunci când se produc „gaze” acumulatorul este destul de încărcat.

În rezumat, după încărcare, pe una din plăci va fi plumb, iar pe cealaltă superoxid de plumb.

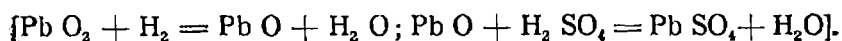
*Descărcarea acumulatorului.* Să desfacem legăturile acu-



amulatorului de sursa de curent și să legăm la bornele lui o rezistență electrică (de exemplu un bec electric).

Vom constata, cu ajutorul unui ampermetru, că acumulatorul produce un curent electric care are un sens invers decât la încărcare.

Se constată că se produce o reacțiune chimică în sens invers și anume, hidrogenul din acidul sulfuric se combină cu superoxidul de plumb din placa pozitivă și dă sulfat de plumb.



Restul din acidul sulfuric se combină cu plumbul dela polul negativ și dă sulfat de plumb ( $Pb + SO_4 = PbSO_4$ ).

În această combinație se consumă acid sulfuric și se produce apă, deci soluția de acid sulfuric se diluează.

Iată prin urmare că ne găsim în situația dela început.

După cum vedem, în acumulator s'a înmagazinat energie electrică printr'o reacțiune chimică; la descărcare, reacțiunea chimică se produce în sens invers și se eliberează energia electrică acumulată.

Repetând de mai multe ori încărcarea și descărcarea, plăcile atacate devin poroase și capacitatea acumulatorului se mărește, căci s'a mărit suprafața de contact.

Aceasta se numește *formarea acumulatorului*. Acumulatorile întrebuițate sunt cu formație artificială, adică electrozli sunt niște grătare de plumb ale căror ochiuri sunt umplute cu oxizi de plumb și anume anodul cu miniu de plumb, iar catodul cu litargă. Prin urmare în loc ca oxizii să se formeze prin repetate încărcări și descărcări ei sunt puși gata preparați. Electroliul este acid sulfuric.

Printr'o singură încărcare acumulatorul se formează.

Acumulatorul se compune din mai multe plăci așezate una lângă alta alternând o placă pozitivă cu una negativă. Plăcile sunt izolate una de alta. Prin capetele lor exterioare, toate plăcile pozitive se leagă între ele; de asemenea și cele negative. Plăcile și acidul sunt puse într'un vas de sticlă sau de ebonită.

După încărcare, forța electromotoare produsă de acumulator este de aproximativ 2,6—2,8 V.

La descărcare, ea coboară repede la aproximativ 2 V, apoi la 1,9 V și se menține astfel mai mult timp. Când acumulatorul s'a descărcat, forța electromotoare a ajuns la 1,83 V.

Se știe că acumulatorul este încărcat, căci atunci începe să degaje gaze, iar soluția de acid sulfuric este cea mai concentrată.

Un acumulator nu mai trebuie lăsat să funcționeze la descărcare dacă forța electromotoare scade sub 1,85 V pe element.

Mărimea unui acumulator se măsoară prin capacitatea lui, care este produsul dintre intensitatea curentului pe care-l poate da și numărul de ore până la descărcare.

De exemplu un acumulator care dă un curent de 2 A în timp de 10 ore de descărcare, fără ca tensiunea să scadă sub 1,85 V) are o capacitate de  $2 \times 10 = 20$  A ore.

Aceasta reprezintă cantitatea de electricitate dată de acumulator. Raportul dintre cantitatea de electricitate în amperioare dată la descărcare, față de cantitatea de electricitate primită la încărcare variază între 70—80%. Deci un acumulator redă numai 70—80% din cantitatea de electricitate primită.

Capacitatea unui acumulator se mărește cu atât mai mult cu cât curentul de descărcare este mai mic, căci, în acest caz descărcarea durează un timp mai îndelungat.

Un acumulator încărcat, neîntrebuințat, se descarcă singur cu timpul.

Dacă un acumulator stă mult timp descărcat, se fac pete albe pe plăci. Fenomenul se numește (*sulfatare*).

Acumulatorul, spre a putea fi din nou pus în funcțiune, trebuie supus la încărcări prelungite, cu pauze între ele. De aceea trebuie evitată această sulfatare.

Acidul sulfuric întrebuințat la acumulatori trebuie să fie curat, iar apa întrebuințată să fie distilată.

Din cauza plumbului, acumulatorii sunt aparate grele.

Se obișnuiește a se aprecia un acumulator după capacitatea în amperioare la un kg de plumb. Această capacitate este de circa 11 amperioare; acumulatorii autovehiculelor au o capacitate mai mare și anume de circa 20 amperioare pe kg de plumb.

Acumulatorii se leagă mai multe, în serie, pentru a obține tensiuni cât mai mari. O grupare de acumulatori se numește *baterie*. Ele se așază de obicei în camere separate, bine aerisite.

La întrebuințarea acumulatorilor trebuie respectate mai multe reguli; altfel ele se vor strica în scurt timp.

Ca exemplu dăm câteva date despre acumulatorii cu

plăci de plumb folosite în laboratoare, la lămpile de siguranță, etc.

Ele sunt de mai multe tipuri. În tabela 6 se arată intensitățile maxime care se pot admite la descărcare. Ele variază după durata descărcării.

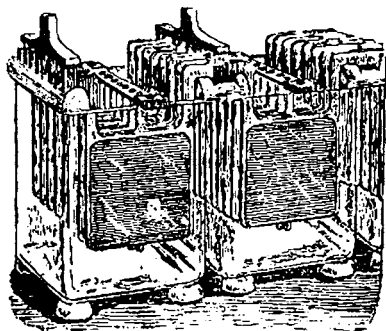


Fig. 70 c. — Baterie de acumuloare

ZO 30 înseamnă acumulator cu plăci de 30 dm<sup>2</sup>, iar ZO 40 cu plăci de 40 dm<sup>2</sup>. Cifra romană I, II, etc. arată numărul plăcilor pozitive.

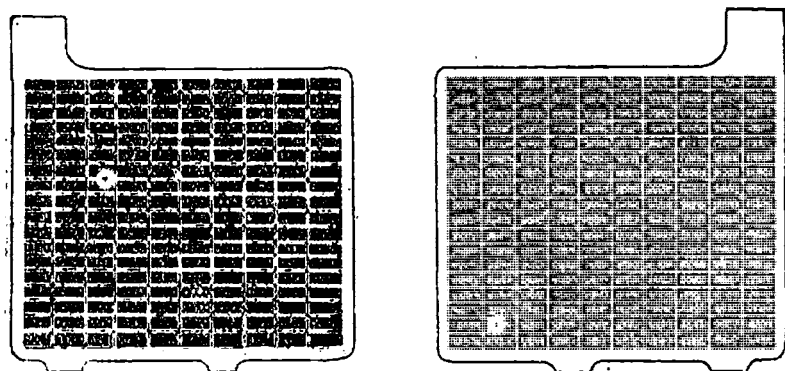


Fig. 70 d. — Plăci de acumulator

*Acumuloare alcaline.* Înafara acumuloarelor descrise mai sus, pe bază de plumb, se mai fabrică și acumuloare numite *alcaline* sau *feronichel*. La acestea plăcile sunt din tablă de

Intensitatea maximă la descărcare

Tipul de acumulator	Durata descărcării în ore		
	1	5	10
I ZO 30	10	3,7	2,2
II ZO 30	20	7,5	4,4
I ZO 40	14	5	3
II ZO 40	28	10	6
III ZO 40	42	15	9
IV ZO 40	56	12	29
V ZO 40	70	25	15

oțel; cele pozitive sunt acoperite cu un compus al nichelului și grafit, iar cele negative cu un compus al fierului. Electrolitul este o soluție de hidrat de potasiu (KOH).

Forța electromotoare a unui element este de circa 1,4 V, deci mai mică decât a acumulatorului cu plumb.

Aceste acumulateoare au față de greutate, o capacitate mai mare decât cele de plumb și sunt mai puțin sensibile în cazul descărcărilor sau neîncărcărilor prelungite. Sunt însă mai scumpe și cu efect mai mic.

*Caracteristicile acumulateoarelor.* Acumulateoarele sunt cu funcționare reversibilă. Ele consumă curent electric pentru a produce o reacție chimică, apoi fenomenul se întâmplă în sens invers. Sunt numite și *elemente secundare*.

*Întrebuințările bateriilor de acumulateoare* sunt foarte numeroase. Vom examina pe cele mai importante.

În centralele producătoare de curent electric acumulateoarele sunt nelipsite. Ele au rolul de a fi de ajutor, producând curentul necesar luminatului, când, din cauza unui defect, mașinile s'au oprit.

Deoarece sunt o sursă sigură de curent electric, ele servesc pentru a pune în mișcare diferite aparate care trebuie să funcționeze oricând este nevoie, de exemplu întrerupătoarele.

În centralele de curent continuu mai au un rol:

Consumul de curent electric într'un oraș nu este uniform în timp de 24 ore. De obicei seara este foarte mare, noaptea foarte mic, iar în timpul zilei mai mare.

Mașinile producătoare de curent electric dau în timpul zilei atât curent necesar orașului cât și curentul necesar pentru încărcat bateria de acumulatori; seara atât mașinile cât și bateria dau împreună curentul mare cerut, iar noaptea rămâne să funcționeze numai bateria, curentul cerut fiind mic.

Bateriile de acumulatori sunt folosite pretutindeni unde este nevoie de o sursă de curent electric, dar unde nu se poate avea o legătură cu o centrală electrică: de exemplu la țară.

În afară de aceste baterii, care se numesc *staționare*, se întrebuințează și baterii *transportabile*.

Astfel sunt bateriile: pentru autovehicule, pentru avioane, pentru luminatul trenurilor, pentru luminatul și punerea în mișcare a submarinelor, atunci când acestea sunt scufundate.

În sfârșit alte întrebuințări mai sunt: pentru aparatele de radio, pentru luminat de siguranță în clădiri, pentru instalațiile telefonice, pentru lucrări de laborator, etc.

### Exerciții

#### Întrebări :

1. Care este cantitatea de zinc depusă prin electroliză de un curent de 10 A în timp de 2 ore și 30 minute dintr-o soluție de sulfat de zinc?

2. Cât trebuie să fie intensitatea unui curent pentru ca prin electroliză timp de 10 ore să se depună 1 kg de argint dintr-o soluție de azotat de argint?

3. Să se arate cum s'au dedus grosimile straturilor depuse prin electroliză arătate în tabela 5. De exemplu pentru argint.

4. Cât timp trebuie să dureze electroliza soluției unei sări de zinc pentru ca să se depună 1,350 kg zinc, intensitatea curentului fiind de 5 A.

5. O uzină pentru rafinat cuprul are 100 băi electrolitice legate în serie, iar în fiecare baie sunt câte 15 cațozi legați în paralel, având suprafața de  $0,80 \times 0,6$  m. Densitatea curentului fiind de  $0,5 \text{ A/dm}^2$  de suprafața a catodului să se calculeze cantitatea de cupru depusă în 24 de ore?

6. Capacitatea unui acumulator este de 150 amperiore. Ce intensitate de curent produce la descărcare în timp de 10 ore?

7. O baterie de acumulatori este folosită pentru a alimenta lămpi de 110 V. Câte elemente sunt necesare?

8. Ce capacitate trebuie să aibă această baterie pentru a alimenta 50 lămpi de 60 W, de 110 V timp de 10 ore?

9. Un acumulator având capacitatea de 14 Ah alimentează patru lămpi de radio în derivație care consumă câte 0,05 A. Care este durata descărcării acumulatorului?

**Răspunsuri :**

1.  $G = g \cdot t = 0,3387 \times 10 \times 9000 = 30,483 \text{ mg} = 30,5 \text{ g. } 2 \text{ ore} + 30 \text{ minute} = 9000 \text{ secunde.}$

$$2. I = \frac{G}{g \cdot t} = \frac{1000000}{1,118 \times 36000} = 24,8 \text{ A.}$$

3. Un curent de 1 A depune pe oră  $1,118 \times 3600 = 4024 \text{ mg}$  argint.  
Coeficientul de utilizare fiind 0,98 pe placă se va depune numai 4024  $\times 0,98 = 3943 \text{ mg.}$

Notând :  $V$  volumul argintului depus

$S$  suprafața argintului depus  
 $h$  înălțimea argintului depus  
 $\gamma$  greutatea specifică, avem :

$$G = V \times \gamma = s \times h \times \gamma ; h = \frac{G}{s \times \gamma}$$

$\gamma$  pentru argint este  $10,5 \text{ mg/mm}^3$  ;  $S = 1 \text{ dm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$

$$h = \frac{3943}{10000 \times 10,5} = 0,0375 \text{ mm.}$$

$$4. t = \frac{G}{g \cdot I} \quad t = \frac{1350000}{0,3387 \times 5} = 800000 \text{ secunde}$$

$$\frac{800000}{3600} = 222 \text{ ore.}$$

5.  $0,8 \times 0,6 = 0,48 \text{ m}^2$  ;  $0,48 \text{ m}^2 = 48 \text{ dm}^2$ ,  
 $I = 48 \times 0,5 = 24 \text{ A. } I \text{ total} = 24 \times 15 = 360 \text{ A.}$

Pentru o baie :  $G = g \cdot I \cdot t$  ; fiind 100 băi, în serie, rezultatul se înmulțește cu 100, așa că :

$$G \text{ total} = 100 \times 0,329 \times 360 \times 24 \times 3600,$$

$$\text{sau } G \text{ total} = 1020 \text{ kg.}$$

6. 15 A.

7. La sfârșitul încărcării f. e. m. a unui element este de 2,75 V. Deci tensiunea de 110 V va fi dată de  $\frac{110}{2,75} = 40$  elemente legate în serie. La descărcare tensiunea unui element ajunge la 1,80 V. Deci în acest caz sunt necesare  $\frac{110}{1,8} = 61$  elemente în serie.

$$8. P = 50 \times 60 = 3000 \text{ W. } I = \frac{3000}{110} = 27 \text{ A.}$$

Capacitatea  $27 \times 10 = 270 \text{ Ah.}$

$$9. \frac{14}{0,2} = 70 \text{ h.}$$

### Întrebări recapitulative

1. Ce este electroliza? Ce sunt electrozii? Dar electrolizii?
2. Din punct de vedere al rezistenței, de câte feluri sunt corpii?
3. Cum variază rezistența electrolizilor cu temperatura?
4. Care este legea electrolizei?
5. Ce este echivalentul electrochimic?
6. Cum definiți coulombul?
7. Ce sunt reacțiunile secundare?
8. Explicați polarizarea electrolizilor.
9. Ce este galvanoplastia? Dar galvanostegia?
10. Cum se obține cuprul întrebuințat în electrotehnică? De ce trebuie să fie foarte pur?
11. Cum se fabrică aluminiul?
12. Cum se produce electroliza apei?
13. Ce este coroziunea electrolitică? Ce consecințe are? Ce mijloace sunt pentru a o evita?
14. Cum funcționează un element galvanic?
15. Ce efect are polarizarea?
16. Ce mijloace de depolarizare cunoașteți?
17. Care sunt elementele galvanice cele mai utilizate și ce f.e.m. produc?
18. Pe ce fenomen se bazează acumulatorul?
19. Cum sunt construite acumulatorii cu plumb?
20. Dar cele alcaline?
21. Care sunt întrebuințările acumulatorilor?
22. Care este f.e.m. maximă produsă de un element de acumulator?
23. Prin ce se măsoară capacitatea unui acumulator?
24. Cum variază intensitatea curentului de descărcare în raport cu numărul orelor de descărcare?

## V. EFECTUL MAGNETIC

### Fenomene magnetice

¶ 42. **Magneți naturali și artificiali.** În pământ sunt unele minereuri de fier care au proprietatea de a atrage bucăți mici de fier. În deosebi această însușire o are magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), denumită astfel după localitatea Magnesia din Asia Mică, unde în vechime s'au găsit asemenea zăcăminte.

Asemenea corpuri se numesc *magneți naturali*.

În U. R. S. S. se găsesc mari zăcăminte de magnetită în Urali și anume în munții Blagodați și în munții Magnetici, (de

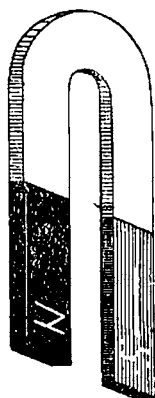


Fig. 71. — Magnetism

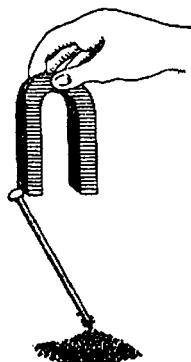


Fig. 72. — Magnet în formă de potcoavă

unde vine și numele Magnitogorsk) precum și în regiunea Cursc.

Dacă apropiem un magnet de un cui de fier constatăm că și acesta la rândul lui atrage pilitură sau alte bucățele de fier,



deci a devenit magnet. Îndepărtăm magnetul, fierul își pierde calitățile sale magnetice, se demagnetizează.

Dacă în loc de un cui de fier întrebuițăm unul de oțel constatăm că de asemenea se magnetizează, dar rămâne magnetizat, chiar dacă îndepărtăm magnetul. Am obținut astfel un *magnet artificial*. Magnetii aceștia se fac în formă de bare drepte sau în formă de potcoavă.

Astăzi se folosesc numai magnetii artificiali.

Luăm un asemenea magnet și-l apropiem de pilitură de fier. Aceasta este atrasă și rămâne alipită de magnet, dar nu



Fig. 73. — Magnet în formă de bară

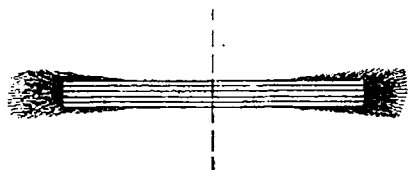


Fig. 74. — Pilitura de fier se lipește de poli magnetici

uniform pe lungimea lui. Cantitatea cea mai mare este spre capete și apoi din ce în ce mai puțină spre mijloc. Faptul dovedește că proprietatea magnetică se manifestă în special spre capete.

Părțile magnetului de care se lipește mai mult pilitura de fier și deci unde se arată mai puternic acțiunea magnetică se numesc poli magnetului. Mijlocul magnetului unde nu se constată o acțiune magnetică se numește linia neutră.

Dar să apropiem magnetul și de alte substanțe decât fier sau oțel, ele nu mai sunt atrase.

Deci numai corpurile feroase au proprietăți magnetice. Totuși mai sunt câteva corpuri care au proprietăți magnetice și anume: cobaltul, nichelul și unele aliaje speciale (cupru, mangan și aluminiiu).

43. Busola. Magnetizăm o limbă de oțel (de forma unui romb alungit) și-o suspendăm cu un fir trecut prin centrul ei de greutate sau o fixăm pe un suport ascuțit astfel ca să se poată roti în voie. Acesta este un *ac magnetic*.

Constatăm că acul se rotește așezându-se cu un capăt spre Nord, celălalt capăt fiind îndreptat spre Sud.

Schimbăm poziția acului. Vom observa că același vârf al acului se îndreaptă aproape spre Nord. Numim acest vârf pol Nord (notat cu N) de obicei înnegrit sau vopsit albastru; vârful opus îl numim pol Sud (notat cu S).

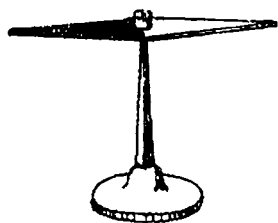


Fig. 75. — Ac magnetic

Proprietatea acului, de a se așeza pe direcția Nord-Sud, a fost descoperită, de Chinezii de aproape 4000 ani.

Această proprietate a fost folosită pentru orientarea pe mare.

Acul magnetic este partea principală a busolei.

Ea servește pentru a ne indica punctele cardinale. Se com-

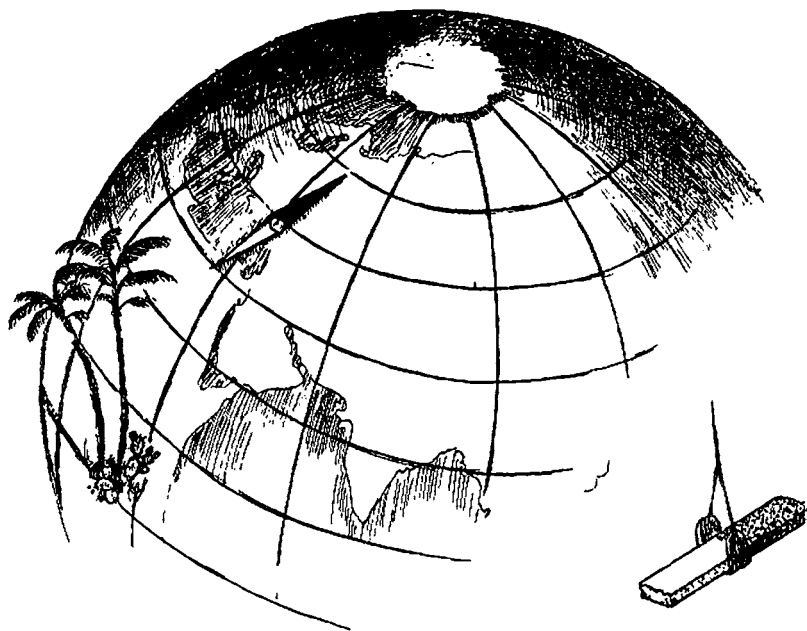


Fig. 76. — Acul magnetic se așază aproape pe direcția geografică Nord-Sud.

pune dintr'o cutie, care în mijloc are un mic ax vertical, pe care se rotește acul magnetic. Pe fundul cutiei sunt indicate punctele

cardinale. Învârtim busola astfel ca polul Nord al acului să se așeze pe punctul Nord de pe busolă și vom citi apoi toate celelalte puncte cardinale. Cutia busolei nu trebuie să fie dintr-o substanță feroasă deoarece în acest caz acul busolei ar fi deviat de la direcția Nord.

Busola este un aparat de mare preț, pentru că ea servește pentru orientare, atunci când nu cunoaștem o regiune sau când nu avem obiecte față de care să ne orientăm: astfel este pe mare și în avion. Fără ele navigația și sborul ar fi imposibile. Busola întrebunțată pentru aceste scopuri se mai numește și *compas*.

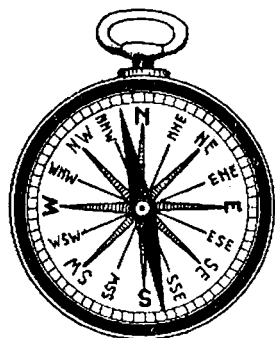


Fig. 77. — Busola

44. **Istoric.** Fenomenele magnetice ale unor minerale au fost cunoscute din vechime de multe popoare.

Învățătul grec, Thales din Milet, care a trăit între anii 630—550 înainte de epoca noastră, pare să fi cunoscut aceste lucruri. Alți învățați greci care au trăit 200—300 ani mai târziu, Platon și Aristoteles, vorbesc în scrierilor lor de aceste însușiri.

Lucretius, poet roman, descrie și el fenomenul și arată că numele de magnetism vine de la localitatea Magnesia.

Chinezii au cunoscut proprietatea magneților și au folosit-o de multă vreme pentru construirea busolei.

Cercetări și studii mai precise s'au făcut însă mai târziu de către William Gilbert (1540—1603) și mai târziu de către Coulomb (1736—1806).

În anul 1819 Oersted găsește că între magnetism și electricitate sunt legături foarte importante și astfel se pun bazele electromagnetismului.

45. **Acțiunea reciprocă a polilor.** Să apropiem de polul Nord al unui ac magnetic polul Nord al altui ac magnetic. Vom constata că se îndepărtează între ei. La fel se petrec lucrurile cu polul Sud apropiat de polul Sud al altui ac magnetic.

Tragem concluzia că poli magnetici de același nume se resping între ei.

Să apropiem de polul Nord al unui ac magnetic polul Sud al altui ac magnetic; aceștia se vor atrage.

Deci *polii de nume contrar Nord și Sud se atrag, iar polii de același nume Nord și Nord, Sud și Sud se resping.*

Dar mișcarea unui corp în repaus este provocată numai de o forță. Deci între poli se ivesc forțe de atracție și de respingere.

Coulomb a constatat că forța care atrage doi poli de nume contrar sau respinge doi poli de același nume este cu atât mai mare cu cât polii sunt magnetizați mai puternic; pe de altă parte, însă, dacă distanța între poli se mărește, forța se reduce foarte mult.

Coulomb, făcând măsurători exacte, a stabilit că: *Forța care*



Fig. 78. — Călătorii se orientează cu busola

*ia naștere între cei doi poli magnetici este proporțională cu masa polilor, dar invers proporțională cu pătratul distanței între ei.*

Această lege se exprimă prin formula:

$$F = \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2},$$

în care:

$m_1$  și  $m_2$  sunt masele magnetice;

$d$  este distanța între ei;

$F$  forța care se exercită.

Dacă în apropierea unui magnet așezăm mai multe ace magnetice care se pot mișca liber pe suportul lor, fiecare din aceste ace va lua o anumită direcție, așa cum se vede în fig. 79, ceea ce dovedește că în fiecare punct din jurul unui magnet se exercită forța magnetului, după o anumită direcție.

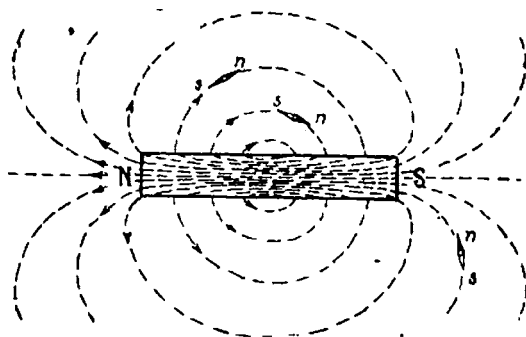


Fig. 79. — Acțiunea magnetului asupra unui ac magnetic

Să facem altă experiență. Peste un magnet să punem o hârtie și pe ea să presărăm pilitură de fier. Vom constata că pilitura de fier se așează după anumite linii, căci fiecare particulă de pilitură a devenit un foarte mic magnet care este supus unei forțe având o anumită direcție. Acest desen se numește *spectru magnetic*.

Constatăm că liniile de așezare a piliturii pleacă de la un pol și se termină la celălalt pol.

Un mic ac magnetic plimbat în lungul unei linii de forță se așază după direcția tangentei din acel punct, aceste linii arată deci direcția după care se exercită forța magnetului. Ele se numesc de aceea *linii de forță*.

Mai putem face și alte experiențe care să ne arate acțiunea forței magnetice. Să luăm un ac pe care-l vom magnetiza și-l

vom înfige într'o bucată de plută. Il așezăm pe apă într'un vas de sticlă. Apropiem polul Nord al unui magnet în formă de pot-coavă de polul Nord al acului. Vom constata că acesta se va

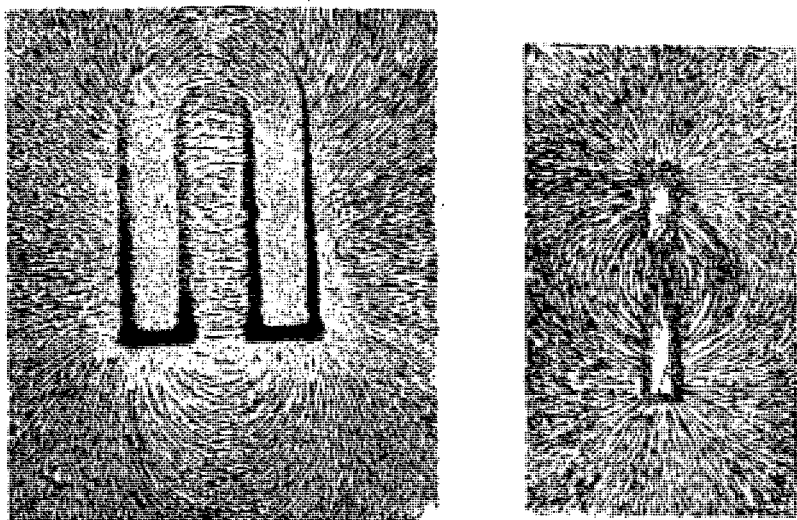


Fig. 80 a, b. — Spectru magnetic

mișca pe o linie curbă din dreptul polului Nord spre cel Sud. Această linie curbă este chiar o linie de forță. Iată deci încă o dovadă că forța magnetului se exercită pe direcția acelei linii.

S'a admis că liniile de forță au un sens și anume dela Nord.

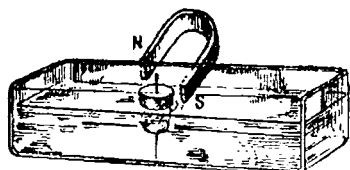


Fig. 81 a. — Acul magnetic se mișcă pe o linie de forță

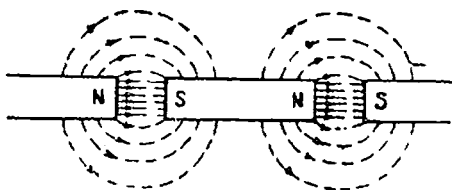


Fig. 81 b. — Magnetism prin inducție

spre polul Sud. Prin urmare liniile de forță ies din polul Nord și ajung la Polul Sud; ele se închid apoi prin însăși corpul magnetului.

46. **Magnetizare prin inducție sau influență.** Am văzut că dacă apropiem un magnet de o bară de fier moale, aceasta capătă proprietatea de a atrage pilitura de fier.

Deci: *fierul în apropierea unui magnet se magnetizează și el.* Asemenea magnetizare se numește *prin inducție sau influență.*

Dacă apropiem bara de fier de polul N al magnetului atunci capătul barei, vecin cu polul Nord, a devenit pol Sud, iar capătul îndepărtat a devenit pol Nord.

Să punem o bucată de sticlă între magnet și fier, nimic nu se schimbă. Deci acțiunea magnetică nu este modificată prin interpunerea sticlei. La fel se întâmplă și dacă interpunem alte corpuri: cupru; aluminiu, etc.

Să interpunem însă între magnet și bara de fier o altă bucată de fier. Bara de fier nu mai atrage pilitura de fier sau o atrage foarte puțin.

Spunem că putem opri inducția magnetică cu o placă de fier sau de oțel.

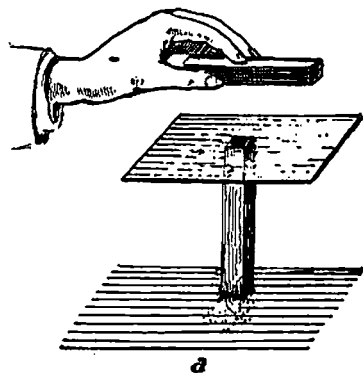


Fig. 82 a. — Sticla nu poate schimba acțiunea unui magnet

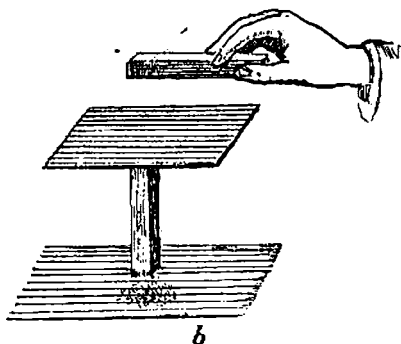


Fig. 82 b. — Fier într'un câmp magnetic

47. **Intensitatea câmpului magnetic.** *Spațiul în care se află liniile de forță poartă numele de câmp magnetic.*

Dacă într'un câmp magnetic stabilim care este forța ce se exercită asupra unei mase magnetice egale cu 1, pe care o deplasăm în diferite puncte, înseamnă că am stabilit *intensitatea câmpului magnetic* în acele puncte; ea se înseamnă cu  $H$ .

Deci: *Intensitatea câmpului magnetic este forța care se exercită asupra unității de masă magnetică.*

După legea lui Coulomb avem :

$$F = \frac{m_1 m_2}{d^2} .$$

dar dacă  $m_2 = 1$

$$F = \frac{m_1 \cdot 1}{d^2} = \frac{m_1}{d^2} ; \text{ deci } H = \frac{m_1}{d^2} .$$

Cunoscând pe  $H$  putem să determinăm forța  $F$  care se exercită asupra oricărei mase  $M$  :

$$\text{căci } F = \frac{m_1 M}{d^2} , \text{ dar } \frac{m_1}{d^2} = H \text{ și deci } F = H M .$$

Un câmp magnetic este complet determinat dacă îl stabilim pe  $H$  în fiecare punct, ca mărime și direcție.

Din orice spectru se constată că liniile de forță se îndesesc pe măsura apropierii de poli.

Dar în apropierea polilor și forța este mai mare.

Prin urmare:

*Cu cât liniile de forță sunt mai dese într'un câmp cu atâta intensitatea câmpului este mai mare.*

Vom putea defini intensitatea câmpului: *numărul liniilor de forță care trec printr'o secțiune transversală egală cu 1 cm<sup>2</sup>.*

Iată deci că avem un mijloc simplu de a ne da seama de mărimea intensității câmpului magnetic.

Dacă între polii unui magnet în formă de potcoavă, aducem o bucată de fier, constatăm că liniile de forță nu-și mai urmează drumul lor dinainte, ci se închid prin această bucată de fier.

Deci în bucata de fier liniile de forță se îndesesc.

Să ținem minte acest lucru căci îl vom mai întâlni la mașinile electrice și are mare importanță.

Dar dacă liniile de forță se îndesesc înseamnă că intensitatea câmpului, după ce am pus bucata de fier, este mai mare decât era mai înainte când nu era fierul.

Intensitatea astfel mărită o numim *intensitatea câmpului de inducție* sau mai simplu *inducție*, și se înseamnă cu  $B$ . Prin urmare printr'un cm<sup>2</sup> de secțiune a fierului trec mai multe linii de forță decât prin aer.



Putem scrie:

$$B = \mu H$$

în care  $\mu$  (literă grecească care se citește miu) arată cu cât fierul este mai lesne străbătut de liniile de forță decât aerul.

El se numește *coeficient de permeabilitate*.

#### 48. Explicația magnetismului.

Dacă împărțim un magnet în mai multe bucăți, fiecare devine un magnet cu cei doi poli, Nord și Sud. Nu vom izbuti niciodată să obținem un magnet cu un singur pol.

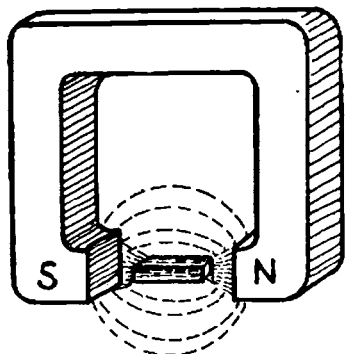


Fig. 83 a. — Liniile de forță se închid prin bucată de fier interpusă

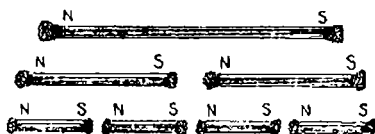


Fig. 83 b. — Divizarea magnetelor

Dacă vom continua împărțirea vom ajunge la magneți foarte mici. Trebuie să admitem că însăși părțile cele mai mici de materie, moleculele, sunt și ele magnetice.

În mod obișnuit, într-o bucată de fier, acești mici magneți sunt îngrămădiți în pozițiuni oarecare, după cum se vede în fig. 84 în care sunt arătate moleculele prin mici cercuri având polul Nord colorat negru, iar cel Sud, alb.

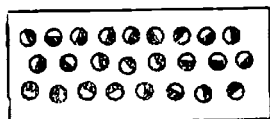


Fig. 84. — Particulele unei bucăți de fier nemagnetizate

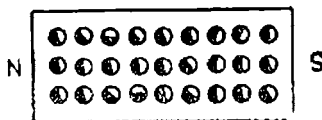


Fig. 85. — Particulele unei bucăți de fier magnetizate

Într-o astfel de aranjare a moleculelor nu se manifestă niciun efect magnetic.

Dacă fierul este magnetizat, toate moleculele sunt îndreptate cu polul Nord în aceeași direcție și, bine înțeles, polul Sud în direcția contrară.

Această aranjare a moleculelor se întâmplă când apropiem un magnet de bucată de fier.

În această mișcare a moleculelor ele întâmpină o rezistență din cauza frecării.

Frecarea este mai mare la oțel și mai mică la fierul moale. De aceea oțelul se magnetizează mai greu decât fierul, dar păstrează mai bine magnetismul căpătat.

Fierul, însă, dacă îndepărtăm magnetul, își pierde calitatea de magnet; rămâne numai cu o urmă de magnetism, numit *magnetism remanent*.

De aceea magneții se fac numai din oțel.

Dacă toate particulele de materie s'au așezat cum am arătat mai sus, orice încercare de a magnetiza materia mai mult este fără folos. S'a ajuns astfel la *saturație magnetică*, fenomen important pe care-l vom întâlni la mașinile electrice.

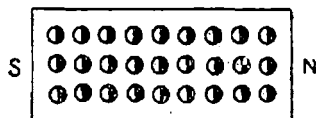


Fig. 86. — Particulele unei bucăți de fier magnetizate la saturație

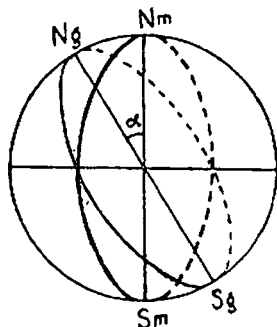


Fig. 87. — Meridiane geografice și magnetice

O bară de fier încălzită la vreo 800° sau lovită puternic cu un ciocan își pierde proprietățile magnetice.

49. **Magnetismul terestru.** Am văzut că un ac magnetic se așază totdeauna după o anumită direcție. Această direcție se numește *meridian magnetic*. Se știe că dacă pe globul pământesc tragem niște cercuri, care trec prin cei doi poli, obținem o serie de linii, numite *meridiane geografice*.

Cele două feluri de meridiane nu coincid. Unghiul format de ele în fiecare punct se numește unghiul de *declinație magnetică*.

Dar să luăm un ac magnetic care se poate roti în jurul unui ax orizontal.

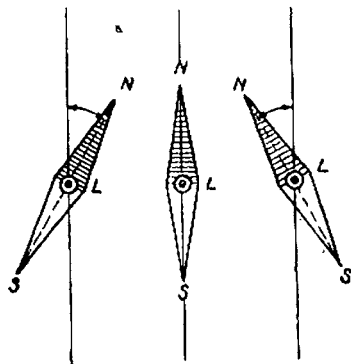


Fig. 88. — Declinația magnetică poate fi spre Est sau spre Vest. Liniiile verticale arată meridiane

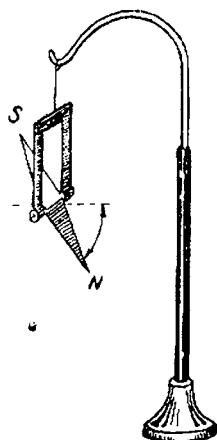


Fig. 89. — Inclinația magnetică

Să-l orientăm după direcția Nord-Sud, adică să-l așezăm după direcția pe care o arată o busolă.

Vom observa că polul Nord se înclină în jos. Unghiul format de ac cu o linie orizontală se numește *unghiul de înclinație magnetică*.

Există un punct pe suprafața pământului unde acul se așază vertical și cu polul Nord în jos. De asemenea există alt punct unde acul se așază tot vertical, dar cu polul Sud în jos.

Aceștia sunt polii magnetici ai pământului; ei nu coincid cu polii geografici.

Cele arătate mai sus dovedesc că în jurul pământului este un câmp magnetic, care are diferite intensități în diferitele puncte dela suprafața pământului. Acesta este *câmpul magnetic terestru*.

S'a constatat că declinația, înclinația și intensitatea câmpu-

lui magnetic pământesc sunt variabile în acelaș punct. Unele variații sunt seculare, altele anuale și altele zilnice.

La București unghiul de declinație a variat în 30 de ani dela  $4^{\circ}, 12', 7''$  la  $0^{\circ}, 4', 0''$ , iar unghiul de înclinație dela  $58^{\circ}, 46', 0''$  la  $60^{\circ}, 28', 4''$ .

În unele locuri de pe suprafața pământului, elementele magnetice arătate mai sus diferă foarte mult de valorile care se găsesc în apropiere. Acestea sunt denumite *anomalii magnetice* și sunt datorite, uneori, zăcămintelor de minereuri magnetice. În U.R.S.S., la Cursc, se constată asemenea anomalii datorită marilor zăcăminte de minereuri de fier.

S'au făcut diferite ipoteze asupra magnetismului terestru, dar cercetările de până acum nu le-au verificat.

### Acțiunile magnetice ale curentului

50. Curentul electric produce un câmp magnetic. Am făcut la început o experiență pe care o vom repeta.

Deasupra unui ac magnetic așezăm un fir de cupru izolat paralel cu el. Legăm acest fir la un acumulator; închidem între-

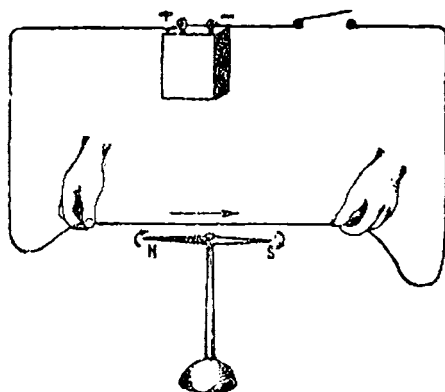


Fig. 90. — Curentul electric deviază acul magnetic

rupătorul. Acul magnetic deviază din poziția sa inițială. Deschidem întrerupătorul, acul revine la poziția sa inițială. Schimbăm sensul curentului, acul deviază în sens contrar.

Dar experiența o putem face și cu un circuit mai complicat,

de exemplu: o sârmă de metal, un tub electric luminos și o baie în care se face electroliza, legate în serie.

Acul magnetic va fi deviat în orice punct l-am așeza în apropierea acestui circuit.

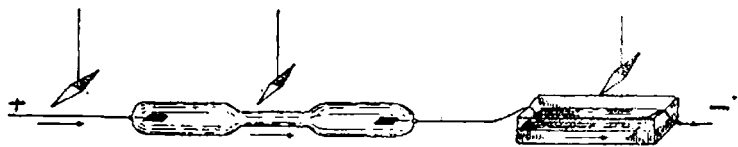


Fig. 91. — Curentul electric prin orice conductor produce devierea acului magnetic

Iată un prim rezultat aflat, care, după cum vom vedea, este de foarte mare importanță: *acul magnetic așezat în vecinătatea unui curent electric este deviat; deci asupra lui se exercită o forță căci altfel nu s'ar mișca.*

Acest lucru ne dovedește că trecerea curentului prin fir este însoțită de efecte magnetice.

Prin urmare: *curentul electric produce un câmp magnetic.*

Dacă în experiența de mai sus mărim intensitatea curentului devierea va fi și mai mare. De asemenea dacă înfășurăm mai multe fire prin care să treacă curentul.

Dacă modificăm sensul curentului, schimbând legăturile la bornele acumulatorului, se schimbă sensul de deviere al acului magnetic.

Dar, dacă în jurul curentului se produce un câmp magnetic să cercetăm ce formă au liniile de forță.

Să facem pentru aceasta o altă experiență.

Așezăm un carton orizontal. Printr'o gaură trecem firul electric. Presărăm pe carton pilură de fier. Închidem întrerupătorul circuitului. Lovim ușor cartonul pentru ca să ajutăm pilurii să se desprindă de carton. Vom observa că ea se aranjează în cercuri concentrice, iar dacă apropiem câteva ace magnetice mici, vom observa că polul Nord al tuturor se va îndrepta în același sens și că direcția acului este tangentă la cercul care trece prin acel punct.

În concluzie: *liniile de forță produse de un curent liniar sunt cercuri concentrice așezate într'un plan perpendicular pe direcția curentului.*

Să schimbăm sensul curentului și vom observa că sensul polului Nord s'a schimbat.

Dar sensul liniilor de forță este acela în care se îndreaptă polul Nord al acului magnetic.

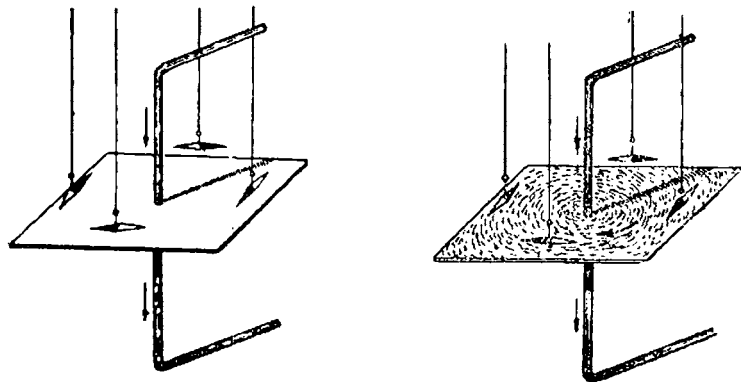


Fig. 92 a, b. — Liniile de forță ale curentului linear

Acest sens se poate stabili și fără ac magnetic observând că este acela de răsucire al unui burghiu când înaintează în sensul curentului

De aici deducem regula burghiului :

*Învârtind un burghiu astfel ca el să intre în conductor după mersul curentului, sensul de învârtire al mânerului arată sensul în care de-*

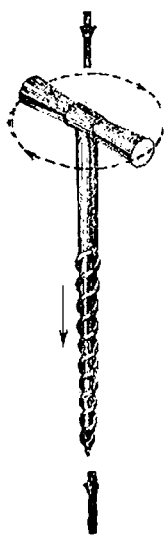


Fig. 93. Regula burghiului

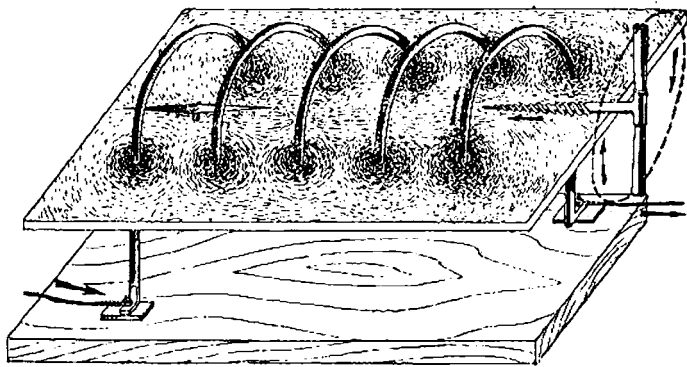


Fig. 94 a. — Câmpul magnetic al unei bobine electrice

viază polul Nord al acului magnetic, deci orientarea liniilor de forță.

51. **Bobina electrică.** Să luăm un carton în care să facem mai multe găuri în locuri potrivite așa cum se vede în fig. 94 a.

Să luăm apoi o sârmă mai groasă și să facem din ea o spirală trecând-o prin gaurile despre care am vorbit mai sus.

O asemenea spirală se numește *bobină* sau *solenoid*; ea are, în cazul de față, 5 spire, adică 5 învârtituri.

Să legăm clemele ei la o sursă de curent, de exemplu la bornele unui acumulator.

Să presărăm pilitura de fier pe carton. Vom constata că aceeași se așază după liniile de forță care au forma arătată în figură, adică constatăm o mare asemănare cu liniile de forță ale unui magnet. Ele ies dintr-o parte a bobinei și intră în cealaltă parte.

De aici putem trage concluzia că bobina produce aceleași efecte ca și un magnet.

În adevăr, cu ajutorul unui ac magnetic se poate constata că bobina la un capăt a devenit pol Nord, iar la celălalt capăt pol Sud. Și anume a devenit pol Nord acolo de unde ies liniile de forță, iar pol Sud acolo unde intră liniile de forță.

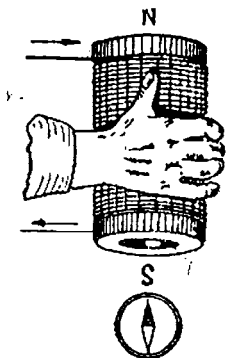


Fig. 94 b. — Ală reguă pentru determinarea polilor unei bobine

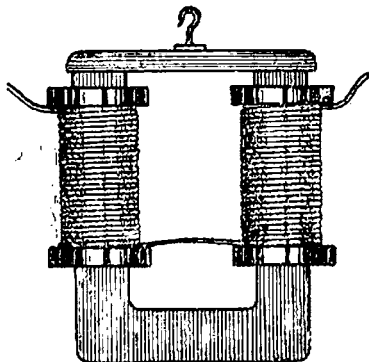


Fig. 94 c. — Electromagnet

Regula burghiului ne arată în ce sens se produce polul Nord. Dacă presupunem că învârtim un burghiu în sensul în care circulă curentul în spirele bobinei, sensul de înaintare al burghiului arată polul Nord.

52. **Electromagnet.** Să înfășurăm sârma izolată în jurul unei bare de fier moale, vom face deci un mosor a cărui inimă este de fier.

Capetele sârmei le legăm la bornele unui acumulator.

Ne așteptăm ca fierul să devină magnet, fiind în apropierea bobinei magnet. Dar în acest caz pe lângă liniile de forță ale bobinei se adaugă și liniile de forță ale fierului magnet; deci acțiunea magnetică a unei asemenea bobine cu inimă de fier este mult mai puternică.

Deoarece un asemenea magnet este datorit curentului electric el se numește *electromagnet*.

Acțiunea magnetului este cu atât mai mare cu cât numărul de spire este mai mare și cu cât intensitatea curentului este mai mare.

Dacă întrerupem curentul, proprietatea de magnet a bobinei și a miezului dispare. Forța produsă de electromagneți este cu mult mai mare decât aceea a magneților artificiali.

În U.R.S.S. emeritul savant rus Kapitza a construit electromagneți uriași utilizați în studiul fenomenelor atomice pentru descoperirea secretelor materiei, pentru a pune la dispoziția oamenilor imense cantități de energie în scopuri pașnice.

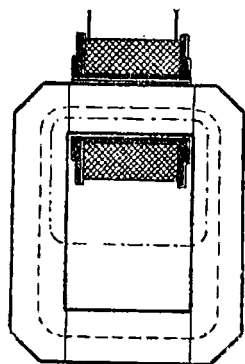


Fig. 95. — Circuit magnetic închis

53. **Circuit magnetic.** Să luăm o ramă de fier moale după cum se vede în fig. 95 și să înfășurăm o sârmă izolată, ale cărei capete le legăm la o sursă de curent electric.

Am construit prin urmare un electromagnet al cărui miez este închis.

Cu ajutorul pilăturii de fier presărate pe un carton vom constata că liniile de forță sunt aproape toate concentrate în miez și că înafară sunt puține.

Dacă liniile de forță s'au strâns în miez înseamnă că au găsit drumul cel mai lesnicios, care prezintă cea mai mică rezistență pentru ele.



Am văzut că liniile de forță ies din polul Nord și se întorc prin polul Sud.

Înseamnă că avem un drum închis al lor prin miezul de fier.

*Cadrul de fier cu bobina formează un circuit magnetic.*

Totalitatea liniilor de forță care trec printr'un circuit magnetic se numește *flux magnetic* și se înseamnă cu  $\Phi$  (litera grecească care se citește fi).

Fluxul se măsoară în maxwelli (citește maxueli) după numele unui fizician care a stabilit legi importante în electricitate.

Fluxul este produs de bobina prin care trece curentul electric.

Fluxul într'un circuit magnetic, adică numărul liniilor de forță, este cu atât mai mare, cu cât numărul spirelor bobinei este mai mare și cu cât intensitatea curentului este mai mare.

Produsul între numărul spirelor și intensitatea curentului se numește *numărul de amperspire* și se înseamnă cu A.S.

Exemplu :

O bobină are 50 spire, iar prin ele trece un curent de 5 A. Numărul de amperspire este :

$$AS = 50 \times 5 = 250.$$

Am arătat că numărul liniilor de forță care trece printr'un  $\text{cm}^2$  al secțiunii circuitului magnetic se numește *intensitatea câmpului de inducție magnetică* sau mai pe scurt *inducțiune*. Se notează cu  $B$  și se măsoară cu gauși (citește gauși). Denumirea de gauss este după numele unui fizician.

$$1 \text{ gauss} = \frac{1 \text{ maxwell}}{1 \text{ cm}^2}.$$

Se demonstrează că într'un circuit magnetic

$$\Phi = \frac{1,25 \times AS}{R},$$

în care :

$\Phi$  este fluxul magnetic care trece prin circuit măsurat în maxwelli;  
AS este numărul amperspirelor.

$R$  este rezistența pe care o opune circuitul magnetic trecerii fluxului magnetic. Ea se numește *reluctanță*.

Formula rezistenței circuitului magnetic se aseamănă cu formula rezistenței unui circuit electric, și anume:

$$R = \frac{l}{\mu S}$$

în care :

$l$  = lungimea circuitului magnetic, în cm ;

$S$  = grosimea lui, în cm<sup>2</sup> ;

$\mu$  = coeficientul de permeabilitate al materialului circuitului.

Vom numi pe 1,25 AS forță magnetomotoare și o vom însemna  $FM$ .

În acest caz formula de mai sus devine  $\Phi = \frac{FM}{R}$  adică o formulă asemănătoare cu a lui Ohm, pentru circuitele electrice. Ea exprimă că : *Fluxul magnetic într'un circuit magnetic este egal cu forța magneto-motoare împărțită prin reluctanța circuitului.*

După cum se poate constata :

- fluxul magnetic se aseamănă intensității curentului;
- forța magneto-motoare cu forța electromotoare;
- reluctanța se aseamănă cu rezistența.

Să întrerupem circuitul magnetic de fier așa cum se vede în fig. 96. Spațiul liber se numește *întrefier*. Vom constata că liniile de forță se închid prin întrefier, dar numărul total al liniilor de forță care trece prin circuit este mai mic, dacă am păstrat același număr de amperspire.

Aceasta dovedește că *un circuit magnetic care are întrefier opune o rezistență mai mare fluxului magnetic.*

*Toate mașinile electrice au un circuit magnetic. Unele au circuitul închis, iar altele au un întrefier în circuitul magnetic.*

*Saturația fierului.* Să reluăm circuitul magnetic închis. Din formula

$$\Phi = \frac{1,25 \times AS}{R}$$

inseamnă că fluxul crește dacă mărim numărul amperspirelor, adică mărim intensitatea curentului care trece prin bobină.

Se constată însă că dela o anumită valoare a amperspirelor fluxul crește foarte încet.

Fierul este atunci *saturat* adică el nu mai permite îndesirea liniilor de forță.

*Permeabilitatea fierului.* Am văzut mai sus că într'un circuit magnetic avem o inducție însemnată cu  $B$ .

Dacă scoatem miezul de fier, în jurul bobinei vor continua a fi

linii de forță, dar, mai puține. Acest câmp de linii de forță are o anumită intensitate  $H$  după cum am arătat mai înainte.

Între  $B$  și  $H$  este următoarea legătură :

$$B = \mu H$$

$\mu$  = este permeabilitatea magnetică.

Permeabilitatea vidului este 1, de asemenea permeabilitatea celor mai multe corpuri este aproape de 1; și anume a unora mai mică de 1, aceste corpuri se numesc *diamagnetice*, și a altora mai mare ca 1 acestea se numesc *paramagnetice*. Fierul, cobaltul și nichelul au permeabilități foarte mari, 5000 și chiar mai mult.

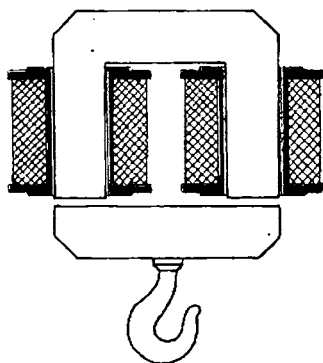
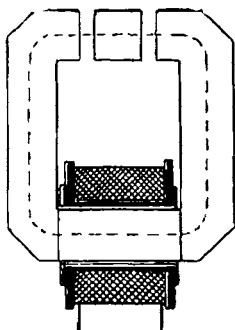


Fig. 96. — Circuit magnetic cu întrerupător Fig. 97. — Electromagnet-potcoavă

Aceste corpuri se numesc *feromagnetice*. În electrotehnică se folosește numai fierul și derivatele lui : oțelul, fonta, etc.

**54. Cum este construit un electromagnet.** Electromagneții se fac cu miez de fier moale și deseori în formă de potcoavă. La aceștea observăm că bobinările au sensuri diferite, așa cum se arată în fig. 98.

Dacă ne vom gândi la regula burghiului ne vom da imediat seama că pentru a avea la un capăt polul Nord, iar la celălalt polul Sud trebuie ca sensul curentului în cele două ramuri să fie invers, ceea ce se obține înfășurând firul în sens contrar.

În fața polilor se așează o bucată de fier, numită *armatură* și care este așezată de poli. Forța de atracție a unui electromagnet se calculează cu formula :

$$F = \frac{S \times B^2}{8 \times \pi} \times \frac{1}{981} \text{ grame}$$

În care  $B$  este inducția magnetică în gauși, iar  $S$  secțiunea în  $\text{cm}^2$ . Forța de atracție variază între 1—4  $\text{kg/cm}^2$  de suprafață polară.

55. Cum se fabrică magneții. Se obțin din oțeluri speciale, constituite din aliaje ale fierului cu tungsten sau cobalt, călite

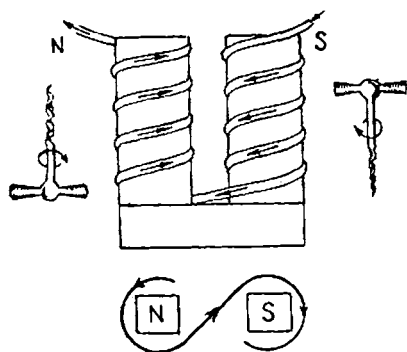


Fig. 98. — Sensul bobinării sârmei unui electromagnet

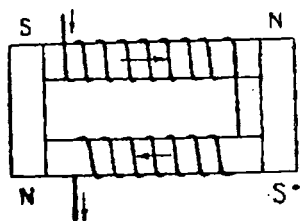


Fig. 99. — Fabricarea magneților

Înainte de magnetizare. Pentru a fabrica magneți în formă de bare, se taie bucăți de oțel după cum se vede în fig. 99 și se înfășoară cu sârmă, lăsând câteva secunde să treacă un curent.

Se îndepărtează apoi bobina, iar magneții obținuți se păstrează cu armaturile lor.

### Aplicațiile electromagneților

Electromagneții au numeroase întrebuințări practice.

56. **Sonerie electrică.** Mai toată lumea a văzut un clopot de sonerie electrică. Fig. 100 arată un asemenea aparat după ce s'a ridicat capacul.

Să explicăm compunerea aparatului:

$ABC$  este un electromagnet în formă de potcoavă; pe fiecare ramură a potcoavei este câte o bobină. Un capăt al bobinei este legat la șurubul  $D$ , celălalt capăt la o lamă elastică de oțel  $E$  de care este prinsă, cu șuruburi, o bucată de fier moale terminată printr'un ciocănel  $F$ .

Lama de oțel se reazemă pe șurubul *G* care se leagă cu un fir de metal cu șurubul *H*.

Clopotul este legat la o sursă de curent, așa cum se arată în fig. 101. *I* și *J* sunt butoane care închid curentul atunci când le apăsăm.

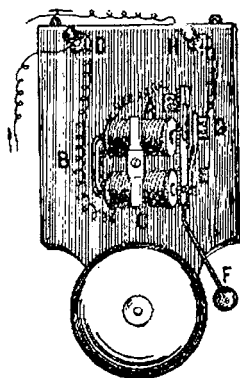


Fig. 100. — Clopot de sonerie electrică

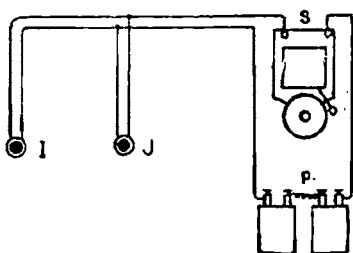


Fig. 101. — Schema instalației unei sonerii electrice

Să examinăm ce se întâmplă când apăsăm oricare din butoane, de exemplu *I*. Circuitul se închide. Curentul dela baterie trece prin bobinele electromagnetului, prin lamă, șurubul de contact și se întoarce la cealaltă bornă a bateriei.

Dar electromagnetul la trecerea curentului se magnetizează, atrage piesa de fier și deci și lama cu ciocănelul care lovește clopotul.

Lama însă îndepărtându-se de șurubul *G*, întrerupe circuitul electric și deci curentul nu mai poate trece. Electromagnetul se demagnetizează și nu mai poate atrage piesa de fier care, trasă de lama elastică, revine la loc. Dar în această poziție lama face din nou contact cu șurubul. Circuitul se închide deci din nou, un curent va trece prin bobină, electromagnetul se magnetizează din nou, atrage piesa și ciocănelul lovește iar clopotul și fenomenul se repetă mai departe.

Curentul se întrerupe și se restabilește de mai multe ori pe secundă și tot de atâtea ori ciocănașul lovește clopotul care sună.

Dacă ridicăm degetul de pe buton, circuitul electric se întrerupe și soneria nu mai sună.

Ca sursă de energie electrică se folosesc de obicei pile Leclanché. Dacă dispunem însă de curent dela uzina electrică se poate folosi și acesta, dar mai întâi trebuie transformat și, anume, trebuie să i se reducă tensiunea la 2 sau 4 V, ceea ce se face cu ajutorul unor aparate numite *transformatoare*.

**57. Telegraful Morse.** Cu ajutorul telegrafului se transmit la mare distanță semnale scrise.

Denumirea de telegraf vine dela două cuvinte grecești: „tele” departe și „grafein” a scrie.

Cea mai simplă instalație se compune precum urmează:

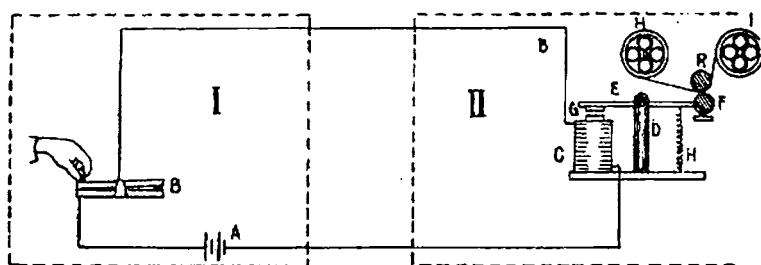


Fig. 102. — Telegraf Morse

Transmiterea semnalelor se face dela o stație *I* la altă stație *II*. Pentru emisia semnalelor din *I* avem următoarele aparate:

O baterie de elemente *A*, care are o bornă legată la un întrerupător *B* de construcție specială, iar cealaltă bornă este legată de capătul unei sârme de metal care merge la stația *II*.

Întrerupătorul este legat la a doua sârmă care merge și ea la *II*. Acest întrerupător are o pârghie, care se mișcă în jurul unei axe când apăsăm pe butonul izolat.

Eliberând butonul, pârghia este trasă de un resort în poziția avută înainte.

La stația *II* este un aparat compus dintr'un electromagnet *C*, un suport *D* susținând o pârghie *E* care se poate roti în jurul axului său.

Pârghia are la un capăt o bucată de fier *G* care se găsește deasupra și în apropiere de electromagnet.

Capătul opus al pârgiei este tras în jos de resortul *H*.

Acest capăt poartă o rolă care lasă urme pe o bucată de hârtie înfășurată pe roțile *H* și *I*, mișcate de un mecanism de ceasornic.

Cele două capete ale electromagnetului *C* sunt legate la sârmele care vin dela stația de emisiune.

Cum funcționează telegraful. În stația *I*, apăsând pe buton, întrerupătorul prin contactele sale închide circuitul electric.

Închizând circuitul, trece prin el un curent electric care magnetizează electromagnetul din stația *II*. Acesta atrage bucată de fier *G*. Roata *F* de pe pârghie atinge banda de hârtie care se reazemă pe sulul *R*.

Dacă apăsăm un timp mai lung pe butonul întrerupătorului, roțița va apăsa și ea timp mai lung pe hârtie și va lăsa ca urmă o liniuță. Dacă apăsarea durează mai puțin, pe hârtie rămâne doar un punct. Din puncte și linii s'a făcut un alfabet. Astfel transmitând din *I* în *II* un punct și o linie (.—) înseamnă că am transmis litera „a” și așa mai departe.

Pentru a se putea face transmiterea semnalelor și din *II* la *I*, trebuie să instalăm în *II* o stație de emisiune, iar în *I* una de recepție.

În mod obișnuit nu se mai face legătura între *I* și *II* prin două fire ci numai unul singur (fig. 103).

O bornă a bateriei este legată la o placă de metal care se

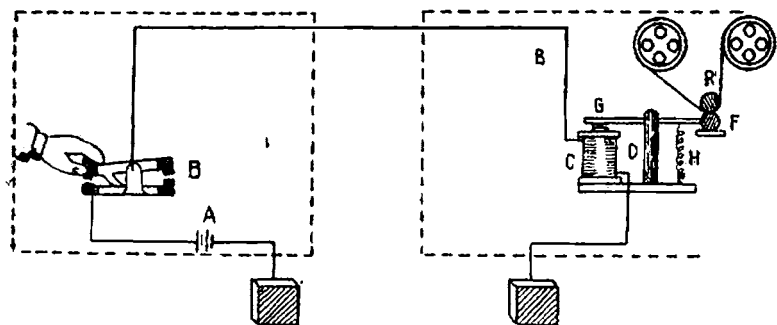


Fig. 103. — Schema a două stații telegrafice legate printr'un singur fir

pune în pământ; de asemenea un capăt al bobinei electromagnetului în stația *II* se leagă la o placă introdusă în pământ.

Circuitul electric se închide acum prin pământ.

În general, fiecare din stațiile I și II este și emițătoare și receptoare și posedă ambele feluri de aparate.

Sistemul de telegraf mai sus arătat, descoperit pe la 1840, a fost mai târziu mult perfecționat.

**Telefonul.** Un alt mijloc tehnice pentru transmiterea comunicărilor la distanță este telefonul.

Numele vine de la cuvintele grecești: *tele* = departe și *fone* = sunet, adică transmițător de sunete la distanță.

Îl vom examina mai târziu.

**58. Alte întrebuințări ale electromagneților.** Proprietatea electromagneților de a atrage piesele de fier este folosită foarte mult în industrie.

Se construiesc electromagneți cu o forță de atracție foarte mare. Ei sunt folosiți la *macarale* pentru a prinde piese care trebuie ridicate.

Se apropie macaraua de piesa ce trebuie ridicată, se închide întrerupătorul electric al electromagnetului; prin el va trece un curent electric; miezul se magnetizează și atrage obiectele de fier. Cu ajutorul macaralei, obiectele sunt transportate la locul unde este necesar. Se întrerupe apoi curentul. Sâmburele se demagnetizează și piesele de fier se desprind.

Electromagneții mai sunt întrebuințați pentru a separa *materiale feroase* de materiale neferoase aflate în aceleași grămezi, știind că numai materialele feroase sunt magnetice.

Într'un atelier în care vrem să separăm resturile de fier de acelea ale altor metale, rămase de la prelucrarea diferitelor piese la mașini unelte, (strung, rabotează) putem să ne folosim de un electromagnet.

Electromagneții mai sunt folosiți ca *frâne de siguranță*. Mai sunt apoi folosiți pentru a lega cap la cap arborele unui motor cu arborele unei mașini care trebuie învârtită de motor.

Pentru acest scop capătul arborelui motorului are un electromagnet, iar la capătul celuilalt arbore o piesă de fier care este atrasă puternic. Cei doi arbori sunt astfel legați. Când este necesar să-l desprindem se întrerupe curentul electromagnetului.

Acesta este un cuplaj *electromagnetic*.

Unele mașini unelte, de exemplu mașini de găurit sau șlefuit.



au un *dispozitiv electromagnetic pentru a fixa piesa* ce trebuie prelucrată.

Pentru a îndepărta piesa se întrerupe curentul.

Electromagneții sunt folosiți în *medicină* pentru a extrage din ochi așchiile de fier.

Electromagneții sunt folosiți pentru diferite *dispozitive automate*: cât timp trece un curent, o piesă de fier este atrasă, când curentul încetează piesa se desprinde și produce anumite mișcări.

Astfel se aplică la întrerupătoarele electrice, la macaze automate de cale ferată sau tramvaie, etc.

Dar cele mai importante întrebuințări ale electromagneților sunt la construirea *mașinilor electrice* pe care le vom studia mai târziu.

### Acțiunea magneților asupra curenților electrici

59. **Curentul electric într'un câmp magnetic este supus unei forțe.** Am constatat în experiențele precedente că un ac magnetic aflat în vecinătatea unui curent electric este deviat de acesta.

Să cercetăm ce se întâmplă dacă un conductor electric, care se poate mișca, se găsește în vecinătatea unui magnet, adică în câmpul magnetic.

Să ne folosim de un magnet așa cum se arată în figură.

La partea superioară a magnetului fixăm o bară orizontală de lemn. Atârnăm cu două fire de cupru foarte flexibile un conductor orizontal. Cele două fire flexibile le legăm la o sursă de curent electric.

Conductorul orizontal stă la început în poziția A. Inchidem întrerupătorul.

Constatăm că imediat conductorul s'a deplasat în poziția B. Deci a fost supus unei forțe, căci un corp care stă în repaus nu-și poate schimba această stare decât dacă este supus unei forțe.

Direcția spre care este împins conductorul se poate afla în toate cazurile cu ajutorul regulei *mâinii stângi*, care spune următoarele:

Dacă se ține mâna stângă în așa fel ca liniile de forță să le primim în palmă (știm că liniile de forță au sensul dela polul Nord spre polul Sud), iar vârful degetelor să fie îndreptat în sensul în care circulă curentul în conductor, degetul mare desfăcut arată direcția în care este împins conductorul, adică direcția în care acționează forța produsă.

O asemenea forță produsă prin acțiunea reciprocă dintre un magnet și un curent electric se numește *forță electromagnetică*. . Fenomenul producerii forțelor electromagnetice ni-l explicăm în felul următor.

Să desenăm liniile de forță între polul Nord și Sud din experiența precedentă. Ele au sensul din fig. 105.

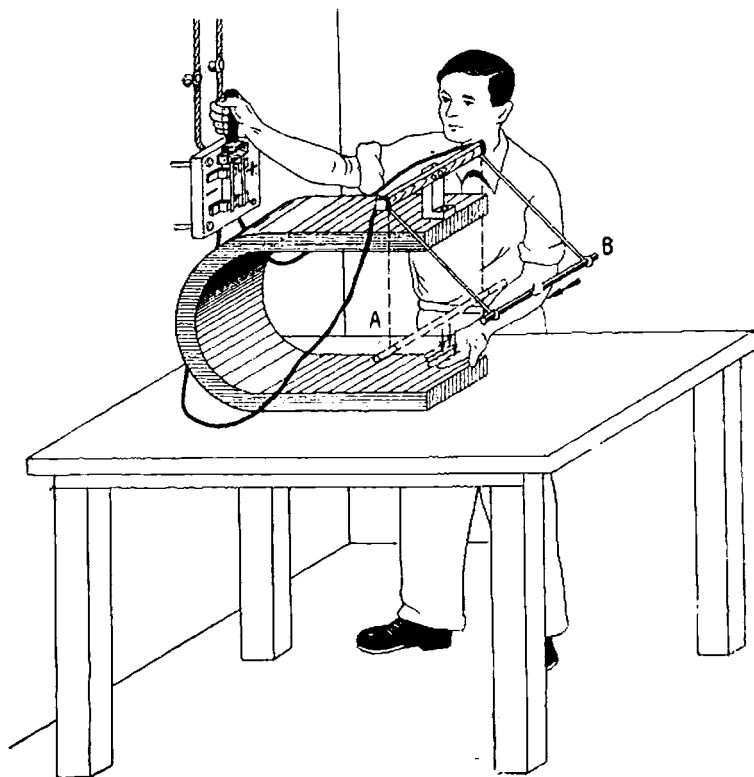


Fig. 104. — Curentul electric deviat de un magnet

Dar prin conductor trecând un curent electric în jurul lui se vor produce linii de forță care după regula burghiului, au sensul din figură.

Observăm că sensul curentului în conductor l-am însemnat

cu un punct: este ca și cum prin conductor ar trece o săgeată. Deoarece vine spre noi, îi vedem vârful: un punct. Dacă ar pleca de la noi i-am vedea coada: o cruce.

Ce constatăm? La stânga conductorului, liniile de forță ale

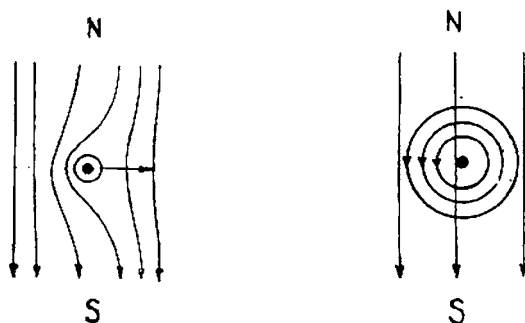


Fig. 105. — Sensul forțelor electromagnetice

magnetului și ale conductorului au același sens deci ele se îndesesc, în partea dreaptă ele au sens contrariu, deci se anulează.

Țesătura deasă de linii de forță încordate în stânga produce un efect de împingere a curentului spre dreapta unde ele sunt mai rare, adică așa cum am constatat și prin experiența noastră. În felul acesta noi putem în orice caz să determinăm forța care se exercită prin acțiunile electromagnetice.

Fenomenul acțiunii între magneti și curenți are aplicații importante în electrotehnică, la instrumente de măsură, dar mai ales la mașini electrice, așa după cum vom constata mai departe.

### Acțiunile electrodinamice ale curenților

**60. Forțele între curenți electrici.** Să facem montajul arătat în fig. 106, 107, folosind în acest scop sârmă subțire și flexibilă.

Să închidem întrerupătorul; în cei doi conductori paraleli din fig. 106, trec doi curenți de același sens. Observăm că aceștia se apropie.

În cazul din fig. 107, curenții în cei doi conductori paraleli sunt de semn contrar, observăm că se îndepărtează.

Să privim conductorii de sus și să desenăm liniile de forță. Știm că ele au formele din figuri.

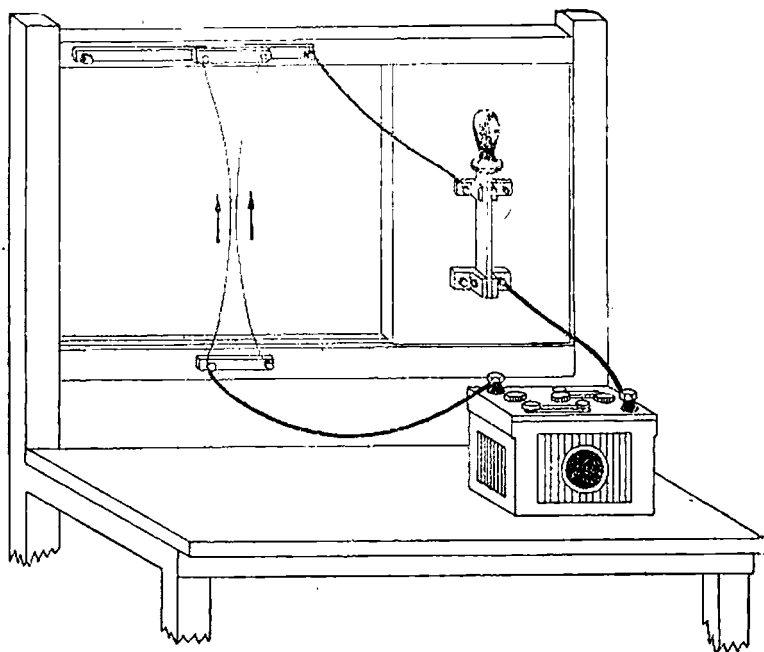


Fig. 106. — Acțiunile reciproce ale curenților de același sens

În cazul 108 liniile de forță au același sens între conductori deci acolo se îndesesc ca și cum ar vrea să îndepărteze conductorii ceea ce se și întâmplă.

În cazul din fig. 109, dimpotrivă liniile de forță răresc între conductori și de aceea conductorii tind să se apropie, ceea ce se și întâmplă.

Dacă punem doi conductori încrucișați vom constata că ei tind să se așeze paralel și în așa fel ca sensul curentului să fie același în amândoi conductorii.

Să mai facem o experiență cu două bobine, dintre care una fixă, iar alta suspendată și deci mobilă.

Să le legăm pe fiecare la câte o sursă de curent. Bobina mobilă o vom lega prin sârme foarte flexibile.

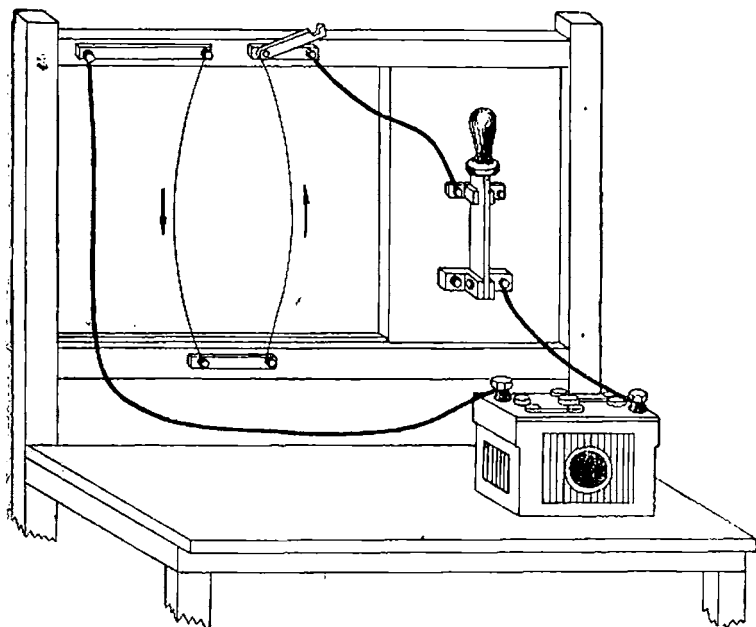


Fig. 107. — Acțiunile reciproce ale curenților de sens contrar

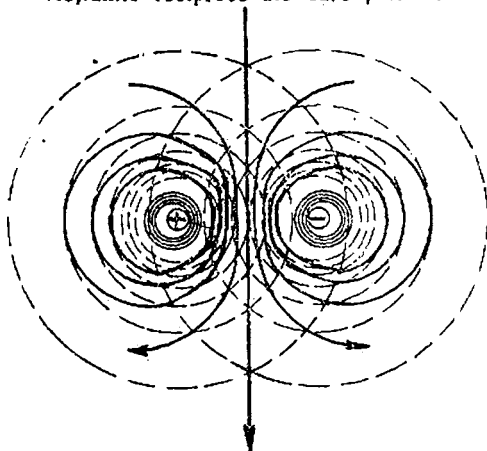


Fig. 108. — Linile de forță ale curenților paraleli de același sens

Să închidem întrerupătoarele fiecărei bobine. Vom constata că bobina II tinde să se rotească așa fel ca să ajungă paralelă

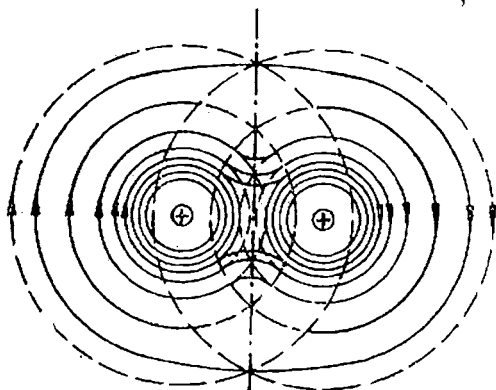


Fig. 109. — Linile de forță ale curenților paraleli de sens contrar

cu bobina I, și în așa fel ca în cele două circuite curenții să fie de același sens, deci C se va apropia de A și D de B.

Din experiențele de mai sus tragem concluziunile următoare :

Curenții electrici paraleli și de același sens se atrag. Curenții paraleli și de sens contrar se resping.

#### Aparate pentru măsurători electrice

61. Aparare cu magnet permanent. În experiențele pe care le-am făcut, deseori am avut nevoie să cunoaștem intensitatea și tensiunea curentului.

Și în folosirea practică a electricității este foarte important să cunoaștem aceste elemente.

Măsurătorile se fac cu diferite aparate. Cele mai obișnuite se bazează pe acțiunile dintre magneți și cu-

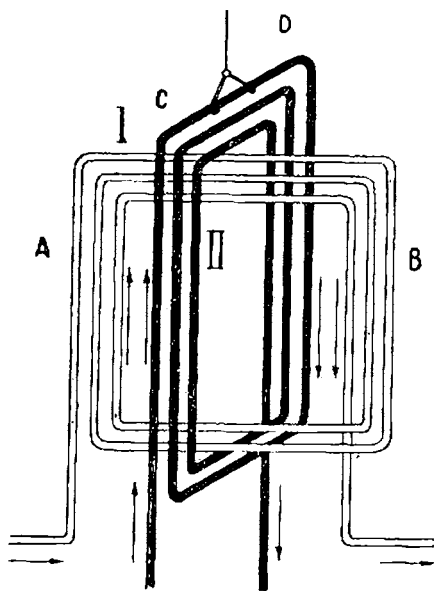


Fig. 110. — Acțiunea a două bobine electrice

renți, sau între curenți, pe care le-am examinat mai sus. *Galvanometrul* este cel mai simplu aparat care indică „existența” unui curent electric.

El se compune dintr'un magnet între ai cărui poli se găsește o bobină constituită din mai multe spire și care este suspendată printr'un fir vertical foarte fin.

Extremitățile bobinei sunt bornele galvanometrului. Ele se leagă în circuitul prin care trece curentul.

Între magnet și curentul care străbate bobina se produce o

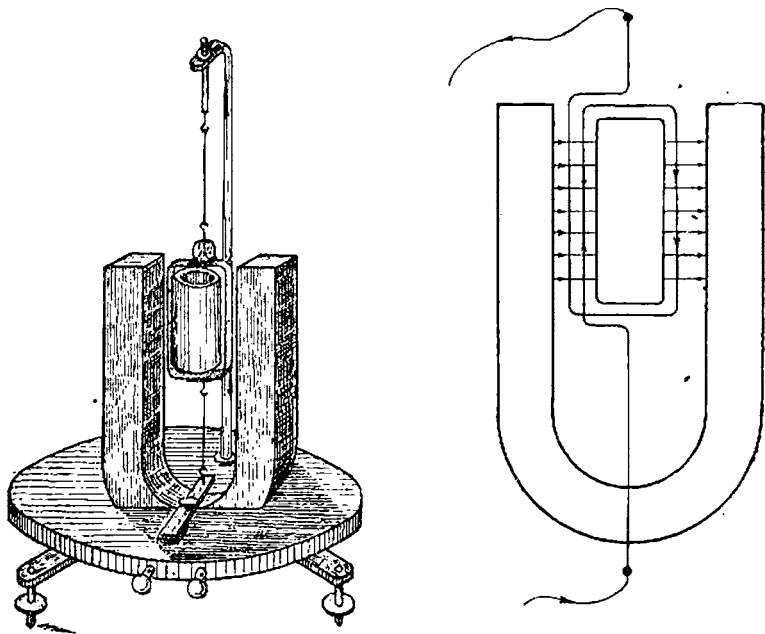


Fig. 111. — Galvanometru

forță care răsucesce bobina cu un anumit unghi, care este proporțional cu intensitatea curentului.

Unghiul măsoară deci mărimea curentului.

Firul de suspensie este de obicei de argint și are diametrul între 0,15 și 0,8 mm. Firul bobinei este de cupru cu diame-

trul de 0,07 — 0,50 mm, iar numărul spirelor poate varia de la 40 la 1200.

Galvanometrele sunt aparate foarte sensibile adică ele arată existența chiar a curenților de foarte mică intensitate.

*Ampermetrele* sunt aparate care măsoară intensitatea curenților. Un ampermetru bazat pe acțiunea unui magnet asupra unui curent se compune dintr'un magnet fix, în formă de potcoavă, terminat cu două piese polare scobite cilindric N și S. Între piesele polare se găsește un cilindru de fier fix A în jurul căruia este o bobină care se poate învârti pe axul cilindrului.

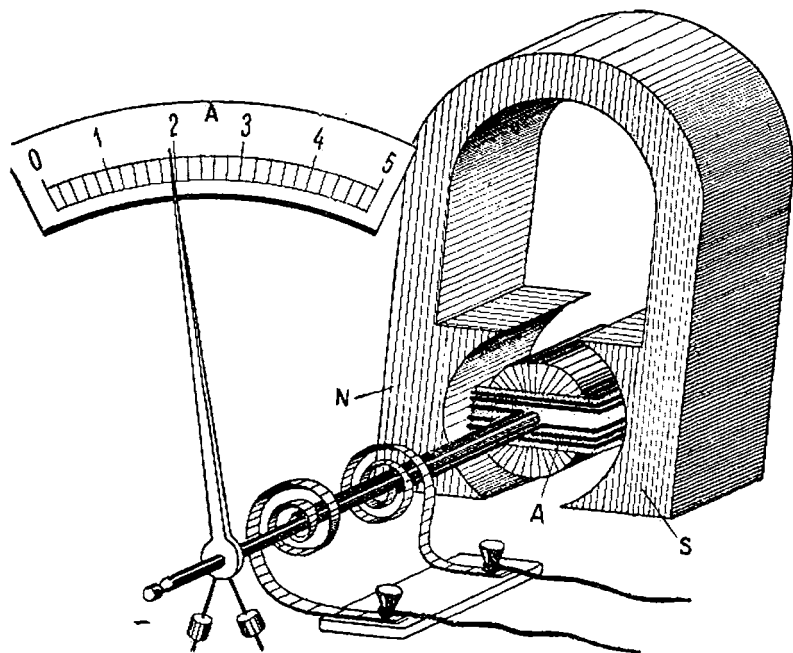


Fig. 112. Ampermetru cu bobină mobilă

Bobina primește curentul prin două mici arcuri speciale care au și scopul să o țină în poziția zero, când nu trece niciun curent electric.



Când trece un curent prin bobină, ea se rotește datorită acțiunii magnetului.

Arătătorul indică pe o scară gradată intensitatea curentului în amperi.

Un asemenea aparat servește numai pentru curentul care are întotdeauna același sens, adică curentul continuu.

62. **Aparate electromagnetice.** Un ampermetru poate să aibă însă bobina fixă și magnetul mobil.

Un asemenea aparat se compune dintr'o bară de fier *A*, susținută de un braț mobil în jurul axului *B*, și echilibrat de contragreutățile *C* și *D*.

Bara este introdusă într'o bobină *C*. Când trece un curent prin firul bobinei, firul este atras și prin mișcarea lui rotește arătătorul *D* în fața unei scări gradate.

Acest aparat poate servi atât pentru curent continuu cât și pentru un curent care-și schimbă sensul căci forța de atracție a magnetului nu depinde de sensul curentului.

63. **Aparate electrodinamice.** Un ampermetru bazat pe acțiunea reciprocă a doi curenți

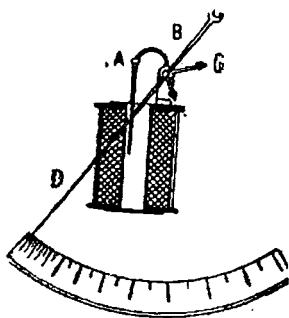


Fig. 113 a, b. -- Ampermetru cu bobină fixă

se numește *electrodinamometru* și este construit dintr'o bobină fixă *A* și dintr'o bobină mobilă *B*.

Ele sunt străbătute de același curent care ajunge la bobina mobilă prin resoartele *C* și *D*.

La trecerea unui curent prin aceste bobine, cea mobilă se rotește pentru a se așeza paralel cu cea fixă. Dar resoartele opun o împotrivire.

După mărimea unghiului, indicată de arătător ştim ce intensitate de curent trece prin bobină.

Pe principiile de mai sus se construiesc aparate pentru nevoile laboratoarelor: aparate de mare precizie şi altele mai puţin precise, bune pentru întrebuinţările industriale.

Forma acestor aparate este variată.

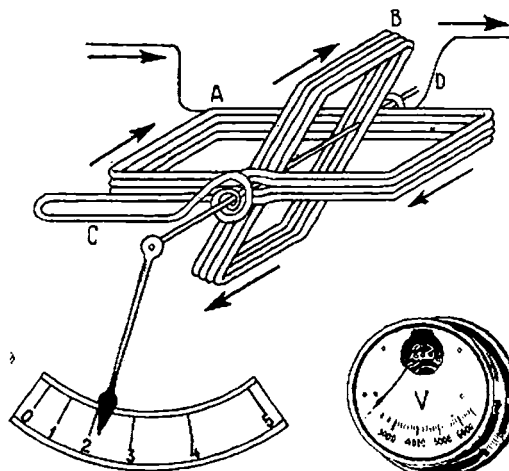


Fig. 114. — Electrodinamometru.

Fig. 115. — Aparat de măsură Industrial

### Intrebări recapitulative

1. Ce este un magnet natural ?
2. Dar un magnet artificial ?
3. Care sunt acţiunile între poli magnetici ?
4. Ce exprimă legea lui Coulomb ?
5. Ce este spectrul magnetic ?
6. Ce sunt liniile de forţă ? Care este sensul lor ?
7. Ce numim câmp magnetic ?
8. Dar intensitatea câmpului magnetic ?
9. Cum se explică magnetismul ?
10. Ce este magnetismul terestru ? Ce se numeşte unghiul de declinaţie magnetică şi unghiul de înclinaţie magnetică ?
11. Ce constatăm în jurul curenţilor electrici ?
12. Ce formă au liniile de forţă ale unui curent linar ? Dar ale unui solenoid ?
13. Cum se determină sensul liniilor de forţă ?
14. Ce este un electromagnet ?
15. Ce este un circuit magnetic ?
16. Ce este fluxul magnetic ? Dar inducţia magnetică ?

17. În ce unități se măsoară fluxul ? Dar inducția ?
18. Ce este reluctanța ?
19. Care este formula fluxului magnetic într'un circuit magnetic ?
20. Ce legătură este între inducția și intensitatea câmpului magnetic ?
21. Ce este permeabilitatea ?
22. Cum se construiesc magneții artificiali ? Dar electromagneții ?
23. Explicația funcționării soneriei electrice.
24. Explicația funcționării telegrafului.
25. Ce alte aplicații ale electromagneților mai cunoașteți ?
26. Ce acțiune are un magnet asupra unui curent electric ?
27. Cum se explică această acțiune cu ajutorul liniilor de forță ?
28. Care sunt acțiunile între doi curenți ?
29. Explicațiile prin producerea liniilor de forță.
30. Pe ce bază sunt construite diferitele sisteme de ampermetre ?

## VI. INDUCȚIA ELECTROMAGNETICĂ

### Inducția prin mișcare

**64. Inducția în spire și bobine.** Inducția este un fenomen de cea mai mare importanță în electricitate. Toate mașinile electrice sunt aplicații ale acestui fenomen.

Am văzut în experiențele trecute că un curent electric produce un câmp magnetic. Se poate pune întrebarea: dar invers nu este posibil? Adică, cu ajutorul unui câmp magnetic, nu se poate produce un curent electric?

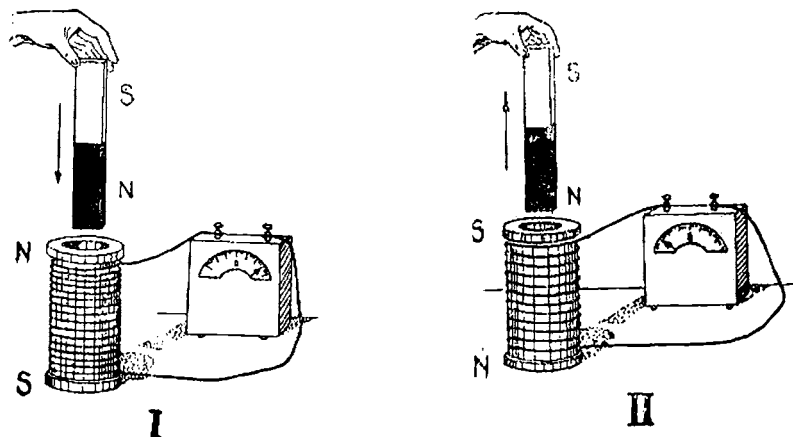


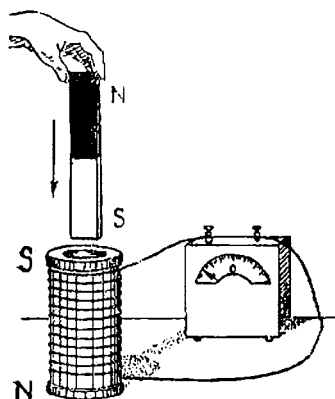
Fig. 116. I, II — Curenți de inducție prin mișcarea magnetului

Să căutăm răspunsul, făcând câteva experiențe foarte ușoare.

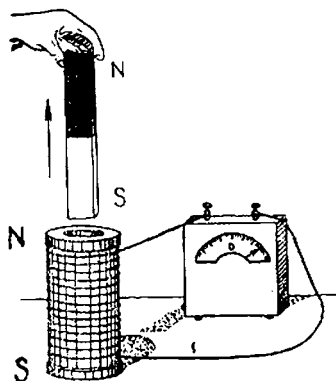
a) Luăm o bobină, adică o sârmă izolată înfășurată pe un mosor și îi legăm capetele la un aparat, care ne arată existența

curentului electric și sensul lui. Acesta este un galvanometru. Acul galvanometrului rămâne nemișcat.

Luăm un magnet și îl introducem brusc în mosor, cu polul



**III**



**IV**

Fig. 116 b. III, IV. — Curenți de inducție prin mișcarea magnetului

Nord. Acul galvanometrului deviază la dreapta, cât timp durează introducerea magnetului și revine apoi la 0 (zero) când magnetul a ajuns la capăt și s'a oprit. Scoatem magnetul lărași

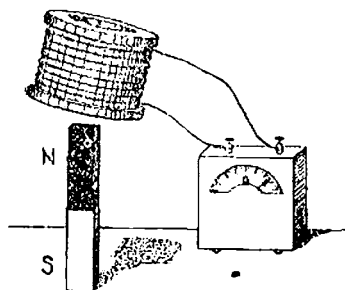


Fig. 117. — Curenți de inducție prin mișcarea bobinei

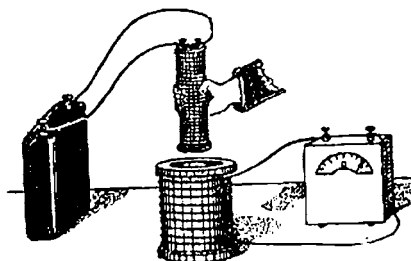


Fig. 118. — Curenți de inducție prin mișcarea unui electromagnet

brusc, acul deviază la stânga, atâta timp cât durează scoaterea magnetului, apoi revine la 0 (zero) când magnetul s'a îndepărtat de bobină. Să întoarcem magnetul, adică să-l introducem cu

polul Sud. Acul deviază ca în cazul II (fig. 116). Să scoatem magnetul și vom constata o deviere ca în cazul I.

*Aceste experiențe simple dovedesc că în timpul cât durează introducerea și scoaterea magnetului din bobină se produce un curent electric.*

Un asemenea curent se numește *curent de inducție*.

b) Să modificăm acum puțin experiența. Să ținem pe loc magnetul, să introducem bobina și apoi să o scoatem. În timpul acestor mișcări, vom constata la galvanometru că s'a produs un curent electric.

c) În loc de un magnet să lucrăm cu un electromagnet; vom observa același fenomen al producerii curentului când introducem sau scoatem electromagnetul din bobină.

Dar care este cauza producerii acestor curenți? Am văzut în capitolul precedent că în jurul unui magnet sau a unui electromagnet există un câmp magnetic, adică linii de forță.

Cât timp magnetul sau electromagnetul stă în bobină, spirele bobinei sunt străbătute de liniile de forță. Totuși nu se întâmplă nimic. Dacă mișcăm magnetul sau bobina, spirele vor fi străbătute în fiecare clipă de alt număr de linii de forță sau putem să spunem că spirele sunt străbătute de un flux magnetic variabil.

Numai această variație de flux poate fi cauza curentului, căci altă schimbare nu observăm.

Bine înțeles variația de flux trebuie să producă o forță electromotoare, deoarece am văzut că un curent este generat totdeauna de o forță electromotoare. În concluzie, putem afirma următoarele:

**Ori de câte ori într'un circuit electric se produce o variație a fluxului magnetic, în acel circuit ia naștere o forță electromotoare.**

Dacă circuitul este închis, forța electromotoare dă naștere unui curent electric.

Să fim însă atenți că *această forță electromotoare, durează numai atâta timp cât durează variația fluxului*.

Odată oprită mișcarea magnetului, încetează și forța electromotoare.

Să studiem mai amănunțit de cine depinde mărimea forței electromotoare.

65. **Inducția într'un conductor.** Pentru aceasta să cercetăm ce se petrece într'o porțiune d'într'un circuit, adică într'un conductor de o anumită lungime. Să facem în acest scop experiența în modul arătat în fig. 119.

Între poli unui magnet așezăm un conductor de metal, mai gros, ale cărui capete le legăm cu sârme flexibile la un galvanometru. Conductorul gros se sprijină pe muchiile a două scândurele și el poate fi mișcat de o greutate.

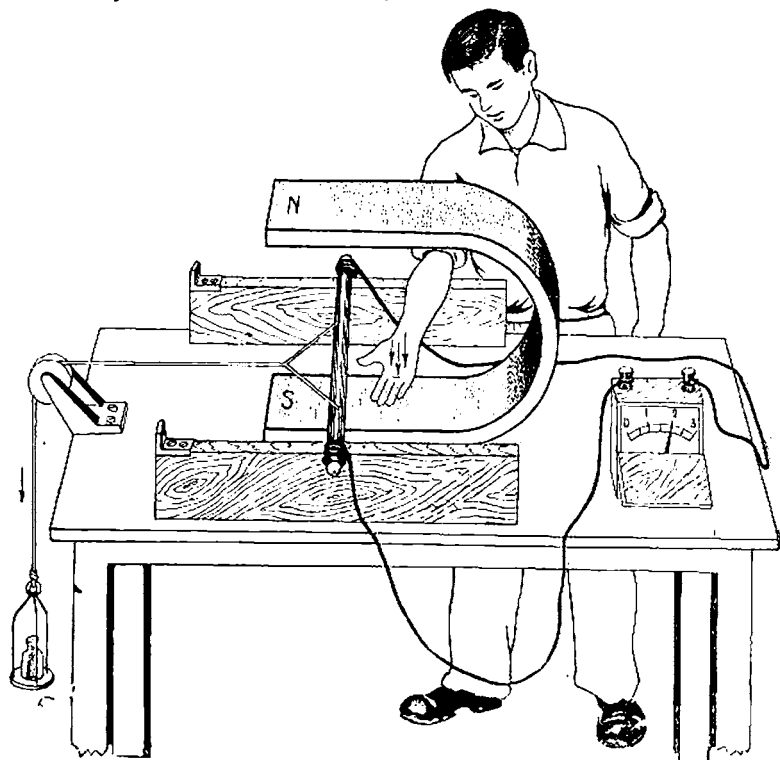


Fig. 119. — Curent indus într'un conductor

Ținem pe loc greutatea. Acul galvanometrului stă la 0, deci nu trece prin el nici un curent.

Liberăm greutatea, ea începe să cadă iar, conductorul este tras spre stânga, galvanometrul arată o deviere de scurtă durată,

cât a ținut mișcarea; deci s'a produs un curent electric. Sensul curentului în conductor, arătat de galvanometru, este însemnat cu o săgeată.

Să inversăm magnetul, adică cu polul Sud în sus și cu polul Nord în jos. Să producem din nou mișcarea conductorului. Constatăm un curent de sens contrar.

Din experiențele făcute și altele asemănătoare, s'a stabilit următoarea metodă simplă pentru determinarea sensului curentului indus în conductor, anume *regula mâinii drepte*:

Dacă se ține mâna dreaptă astfel ca fluxul magnetic (liniile de forță), al cărui sens știm că este de la Nord la Sud, să treacă prin palmă, iar degetul cel mare desfăcut, să fie îndreptat în sensul mișcării conductorului, vârful celorlalte degete arată sensul în care curge curentul electric indus.

Să studiem însă cum variază forța electromotoare indusă.

Dacă mărim viteza de deplasare a conductorului, prin adăugirea unei greutatei mai mari, constatăm un curent mai mare; să înlocuim și magnetul cu altul mai puternic, curentul indus va fi mai mare; să luăm un conductor mai lung, curentul va fi și mai mare.

Știm că între polii magnetului avem un câmp magnetic și deci linii de forță care ies din polul Nord și intră în polul Sud.

Conductorul, în deplasarea lui, a întâlnit aceste linii de forță. Deci deducem:

Ori de câte ori un conductor, taie liniile de forță ale unui câmp magnetic, în el se produce o forță electromotoare de inducție.

Mai deducem încă:

Forța electromotoare de inducție, produsă într'un conductor prin mișcarea lui într'un câmp magnetic, care face parte dintr'un circuit electric este proporțională cu intensitatea câmpului magnetic, cu lățimea de deplasare a conductorului și cu lungimea lui.

Dar toate condițiile de mai sus se pot rezuma în următoarele:

Forța electromotoare de inducție produsă într'un conductor prin mișcarea lui într'un câmp magnetic, este proporțională cu numărul liniilor de forță, tăiate de conductor, într'o secundă.

Intr'adevăr dacă lățimea este mai mare, dacă lungimea conductorului este mai mare și dacă intensitatea câmpului este mai mare (adică densitatea de linii de forță pe  $\text{cm}^2$ ) înseamnă că sunt tăiate mai multe linii de forță pe secundă.



Ne dăm seama acum de ce ne-am ocupat de câmp magnetic și de flux magnetic în capitolul precedent, precum și de modul lor de calcul.

Posedând aceste cunoștințe vom putea calcula mărimea forțelor electromotoare produse prin inducție.

Până acum am cunoscut ca surse de curent numai elementele galvanice și acumulatoarele, bazate pe fenomene chimice.

Experiențele de mai sus, ne-au arătat o posibilitate nouă de a produce curent electric, și anume prin inducție.

Fenomenul inducției a fost descoperit de Faraday, la 1831.

**66. Legea lui Lenz.** Curentul indus în experiențele mai sus arătate produce ca orice curent un câmp magnetic.

Să privim fig. 116 I, II, III și IV. Bobinele devin magneti, prin ivirea curentului de inducție, având polul Nord și polul Sud, așa cum sunt notați.

Observăm că la apropierea magnetului, se formează la capătul bobinei, învecinat de magnet, un pol de același sens cu cel apropiat. Dar polii de același sens se resping; prin urmare, când apropiem magnetul, există o tendință de opunere acestei mișcări.

La îndepărtarea magnetului, se formează la capătul învecinat al bobinei un pol de sens contrar. Polii de sens contrar însă se atrag; prin urmare, când îndepărtăm magnetul, există o tendință de opunere acestei mișcări.

*În ambele cazuri se exercită deci o frânare a mișcării care produce forța electromotoare de inducție.*

Pentru a produce forța electromotoare de inducție, trebuie însă să menținem mișcarea; ca aceasta să fie posibil, trebuie să putem învinge acțiunea care frânează mișcarea.

• Aceasta înseamnă deci, că trebuie să cheltuim un lucru mecanic.

În mecanică s'a învățat că o energie, (așa cum este și curentul electric) nu se poate obține decât prin transformarea unei alte energii. Acesta este principiul transformării și conservării energiei.

Acest principiu, aplicat inducției, a fost stabilit de fizicianul rus, academicianul Lenz, la 1834 și exprimat astfel:

Sensul curentului indus este astfel, că prin acțiunea lui magnetică, se opune mișcării prin care s'a produs.

Am fi putut crede că, pe calea inducției, se produce curent electric din nimic. Am constatat însă că nu se produce curent de-

cât atâta timp cât este mișcare și că mișcării i se opun forțe de frânare. Trebuie deci să avem un mijloc de a produce mișcare și de a învinge forțele care o frânează; *trebuie să se cheltuiască un lucru mecanic, spre a obține curentul electric.*

### Inducția prin curenți variabili

67. **Inducție mutuală.** Să luăm o ramă de fier moale și să facem două înfășurări cu sârmă izolată: una o legăm la un galvanometru, iar cealaltă la o sursă de curent.

Acul galvanometrului arată zero. Să închidem întrerupătorul. Acul deviază scurt timp la dreapta apoi revine la zero.

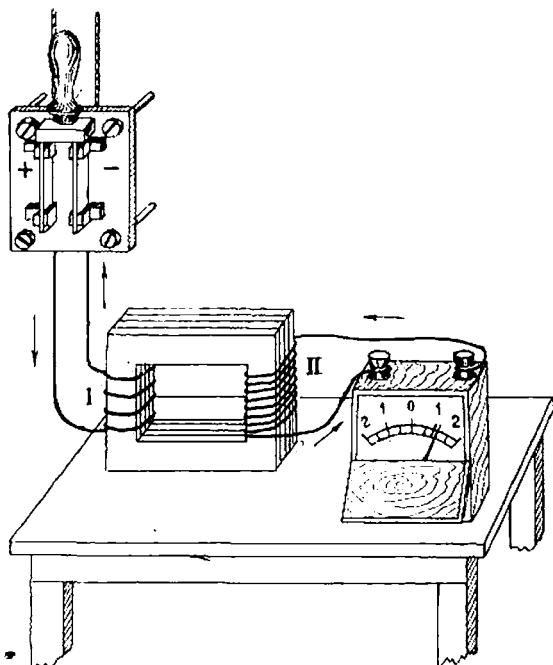


Fig. 120 a. — Inducția prin curenți variabili

Deci, cât timp a durat închiderea circuitului s'a produs în înfășurarea a doua un curent.

Să deschidem întrerupătorul și vom constata un scurt curent de sens contrar.

Care este explicația acestui fenomen?

Când în înfășurarea *I* se produce o variație a curentului (de la zero la curentul stabilit prin închidere sau invers) în-

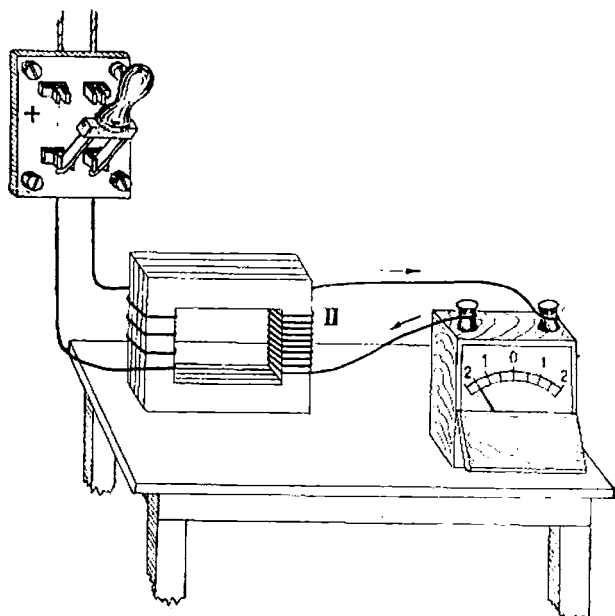


Fig. 120 b. — Inducția prin curenți variabili

semnează că se produce și o variație a câmpului magnetic, deci și a fluxului pe care-l produce înfășurarea.

Prin urmare, bobina *II* este străbătută de un *flux variabil*, adică de un număr variabil de linii de forță.

Ne găsim deci în cazul experiențelor precedente.

Efectul este un curent indus în înfășurarea *II*.

Iată deci că avem un curent indus fără mișcare, numai prin variația fluxului, adică a numărului liniilor de forță, care străbat înfășurarea *II*.

Urmărind sensul curenților în înfășurările *I* și *II* constatăm următoarele:

În cazul din fig. 120 a, la închiderea întrerupătorului, curentul în înfășurarea *I* crește continuu deci și fluxul se mărește.

Sensul curentului în înfășurarea *II* este astfel că fluxul produs se opune fluxului din înfășurarea *I*, deci se opune creșterii lui.

În cazul din fig. 120 b, la deschiderea întrerupătorului, curentul în înfășurarea *I* scade, deci se micșorează și fluxul. Sensul curentului în înfășurarea *II* este astfel, că fluxul pe care-l produce se adaugă fluxului din *I*, deci se opune scăderii lui.

*Prin urmare, întotdeauna, sensul curentului indus în înfășurarea secundară (II) este astfel că, prin fluxul produs, se opune variațiunii fluxului înfășurării prime (I) produsă prin variația curentului primar.*

Inducția produsă cu ajutorul a două înfășurări se numește *inducție mutuală*.

Prima înfășurare care produce fluxul variabil se numește *inductor*; a doua înfășurare în care ia naștere curentul indus se numește *indus*.

Efectele de mai sus le putem constata și în cazul când bobinele nu ar fi fost înfășurate pe rama de fier, dar ele ar fi fost mai slabe.

Din cele învățate, rezultă că sunt următoarele mijloace de a produce variația fluxului inductor:

- prin mișcarea inductorului față de indus, sau invers prin mișcarea indusului față de inductor;
- prin variația curentului inductor.

Mașinile electrice se folosesc de toate aceste moduri de producere a curenților induși.

**68. Curenți de inducție în conductori masivi.** Să luăm o bobină, ale cărei capete le legăm la o sursă de curent electric variabil, iar în interiorul ei să introducem un miez de fier. Vom constata după câțva timp că inima se încălzește. Care este cauza?

Curentul variabil din bobină a produs, prin inducție, un curent în inima de fier.

Prin efectul caloric curentul provoacă încălzirea miezului. Deci, curenții de inducție se pot produce și în corpurile metalice masive. Deseori ei sunt dăunători, căci produc o încălzire pe care nu o dorim. În special, acești curenți sunt supărători în mașinile electrice.

De aceea se iau măsuri speciale pentru a reduce producerea lor. În loc de a se face diferitele părți ale mașinilor electrice din fier masiv, se fac din table subțiri, suprapuse, una peste

alta, izolate între ele cu lac sau hârtie. În afară de aceasta, tablele se fac cu adăus de siliciu. Prin mijloacele arătate curenții se reduc, de asemenea și pierderile. O condiție de calitate a tablei pentru mașinile electrice este de a avea pierderi reduse prin încălzire.

69. **Auto-inducție.** Am constatat că, ori de câte ori, se produce o variație a fluxului magnetic într'un circuit, în acel circuit se induce un curent electric.

Să luăm un circuit legat la bornele unei surse și să închidem și să deschidem întrerupătorul. Se va produce un flux variabil, de către însuși curentul circuitului. Acest flux variabil va induce în același circuit o forță electromotoare.

Acest fenomen de inducție în propriul său circuit, datorit variațiunii aceluși curent, se numește *auto-inducție* sau *self-inducție*.

Să examinăm sensul curentului de auto-inducție, folosindu-ne de principiul lui Lenz.

La închiderea circuitului, deci la stabilirea curentului, se va produce un curent de inducție, care se opune cauzei care l-a produs, deci va fi de sens contrariu curentului aplicat.

La deschiderea circuitului, deci la întreruperea curentului, se va produce un curent de inducție, care se opune cauzei care l-a produs, deci va fi un curent în același sens, ca și curentul care se întrerupe. Deci, forța electromotoare de autoinducție are întotdeauna un astfel de sens că se opune variației curentului.

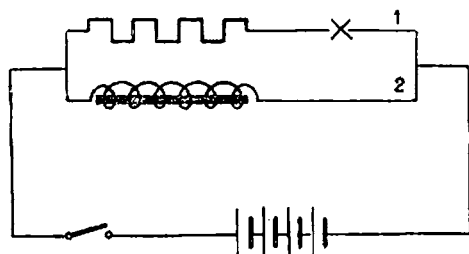


Fig. 121. — Efectul autoinducției

Consecințele acestui fenomen sunt următoarele:

Dacă închidem întrerupătorul unui circuit apare o forță

electromotoare de inducție, opusă tensiunii aplicate circuitului și din această cauză, curentul nu atinge în circuit imediat valoarea lui normală, ci cu o întârziere, după ce f. e. m. de inducție a dispărut.

Dacă deschidem întrerupătorul unui circuit, apare o forță electromotoare de inducție de același sens cu tensiunea aplicată circuitului și din această cauză curentul mai durează, chiar după întrerupere, adică nu ajunge imediat la zero.

Din cauza aceasta, curentul continuând să treacă încă puțin timp, se produce o scântee de întrerupere.

Fenomenele de mai sus ni le dovedesc și mai bine următoarele experiențe:

Facem montajul din fig. 121 adică două ramuri în derivație sunt legate la o sursă de curent.

Într-o ramură punem un electromagnet și un bec; în cealaltă ramură, o rezistență egală cu a bobinei electromagnetului și un bec de aceeași mărime cu celălalt.

Închidem întrerupătorul. Becul 2 ajunge la incandescență mai târziu decât becul 1, deci intensitatea curentului ajunge la valoarea normală în ramura 2 mai târziu. Întârzierea nu poate fi datorită decât bobinei cu miez de fier, singurul element diferit al ramurei 2 față de ramura 1.

Tragem concluzia că forța electromotoare de autoinducție este mai mare în ramura 2. Să facem și montajul din fig. 122.

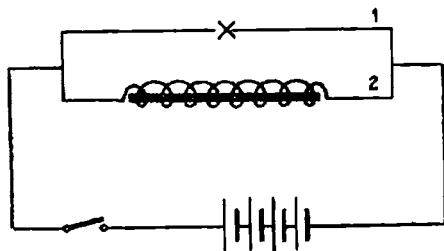


Fig. 122. — Efectul autoinducției

Un circuit electric alimentat de o sursă de curent este constituit din două ramuri; în una din ele este un bec, iar în cealaltă un electromagnet foarte mare.

Prin ramura 1 trece un curent, dar deoarece forța electromo-

toare a sursei nu este destul de mare becul nu se aprinde. Deschidem întrerupătorul. O clipă becul se aprinde. Deci în circuitul 1—2 s'a produs o forță electromotoare de autoinducție destul de mare ca să aprindă becul.

Experiențele acestea nu ne-au arătat numai modul de producere al forței electromotoare de autoinducție într'un circuit ci și faptul că această forță este mai mare dacă circuitul este constituit dintr'o bobină și încă mai mare dacă bobina este înfășurată pe un miez de fier (adică dacă avem un electromagnet).

Dar noi am învățat că un curent trecând printr'o bobină produce un flux magnetic, iar dacă trece printr'o bobină cu inimă de fier fluxul este mai mare.

Fluxul depinzând de curent, vom scrie :

$$\Phi = L I;$$

în care :

$\Phi$  este fluxul măsurat în maxwelli,

$I$  este intensitatea curentului măsurată în amperi.

$L$  este un coeficient care, după cum am văzut din experiențe depinde de felul circuitului (bobină simplă, bobină cu miez de fier).

Acest coeficient se numește *coeficient de autoinducție*; el se măsoară în henry (cîtește anri),

Dacă  $I = 1\text{A}$ , iar  $\Phi = 1\text{ maxwell}$ ,  $L = 1\text{ henry}$ .

Denumirea de Henry s'a dat după numele unui fizician.

Dacă  $I$  variază,  $\Phi$  va varia și el; dar variațiile lui  $\Phi$  sunt cu atât mai mari cu cât  $L$  este mai mare.

De exemplu :

1.  $L = 10\text{ henry}$ , iar  $I$  variază într'o secundă dela 0 la 1 A;  
 $\Phi$  variază dela 0 la 10 maxwelli.

2.  $L = 100\text{ henry}$ , iar  $I$  variază într'o secundă dela 0 la 1 A;  
 $\Phi$  variază dela 0 la 100 maxwelli.

Tragem concluzia că mărimea efectului de autoinducție depinde de *coeficientul de autoinducție*.

Deci, forța electromotoare de autoinducție care se produce într'un circuit și *întârzierea intensității curentului* va fi cu atât mai mare, cu cât  $L$  este mai mare.

*Orice circuit are un coeficient de inducție, după cum are o rezistență.*

Circuitele formate din conductori drepecți au coeficienți de inducție neînsemnați.

Coeficientul de autoinducție este mare pentru bobine și mai ales pentru bobinele cu miez de fier.

Noi am constatat însă în fenomenul de inducție că forța

electromotoare de inducție este cu atât mai mare cu cât variația fluxului într-o secundă este mai mare.

Atât timp cât nu avem o variație a curentului, nu se produce o variație de flux și deci nu la naștere forța electromotoare de autoinducție.

Prin urmare, la curenții continui, cu care am lucrat până acum, nu se produc în mod obișnuit forțe electromotoare de autoinducție, ci numai la sporirea sau micșorarea curentului (cum este la închiderea întrerupătorului sau la deschiderea lui).

Forța electromotoare de autoinducție depinde de coeficientul de autoinducție, dar mai depinde și de viteza de variație a fluxului magnetic, deci de viteza de variație a curentului.

Din toate cele de mai sus tragem următoarele concluzii :

Variația intensității curentului într'un circuit, într'un anumit timp, produce o variație a fluxului magnetic.

Variația fluxului magnetic dă naștere la o forță electromotoare de autoinducție.

Aceasta este cu atât mai mare cu cât coeficientul de autoinducție este mai mare și cu cât variația curentului se produce în timp mai scurt.

Efectul important al forței electromotoare de autoinducție este o *întârziere a stabilirii curentului*.

*Analogie mecanică.* Știm că pe arborele motoarelor se fixează o roată grea, numită volant. Când pornim motorul, volantul se opune, astfel că motorul ajunge la viteza lui normală cu întârziere; invers, când motorul se oprește, volantul continuă să învârtască arborele câțva timp.

Efect asemănător are și autoinducția.

**70. Bobina de inducție** este un aparat cu care putem obține curenți induși la o tensiune foarte mare.

Ea se compune dintr-o înimă de fier pe care sunt făcute două înfășurări.

Cea primară are puține spire din sârmă groasă, izolată. A doua înfășurare este bobinată peste prima și este formată din multe spire din sârmă subțire, foarte bine izolate.

Un capăt al bobinei primare este legat la o baterie de elemente galvanice, iar celălalt capăt la o lamă meta'ică de care este fixată o armatură de fier moale. Aceasta se sprijină pe vârful unui șurub legat cu sârmă la cealaltă bornă a bateriei de pile galvanice.



Închidem întrerupătorul circuitului primar. Curentul se stabilizează. Fierul din interiorul bobinei se magnetizează și atrage armatura; atunci curentul se întrerupe. Când curentul este întrerupt, fierul moale se demagnetizează și armatura revine la locul ei. Dar în felul acesta curentul este din nou restabilit. Cu un asemenea mecanism, curentul din bobina primară este întrerupt de mai multe sute de ori pe secundă.

Prin variația curentului se produce un flux variabil, care are de efect, producerea unei forțe electromotoare de inducție în bobina secundară a cărei tensiune este cu atât mai mare, cu cât numărul spirelor este mai mare.

**71. Cuptoare de inducție.** Fenomenul inducției este folosit pentru încălzit și topit metale, în cuptoare speciale.

Un asemenea cuptor se compune dintr'un vâș fabricat din material rezistent la temperaturi mari, care este înfășurat cu o sârmă de cupru izolată. Acesta se leagă la o sursă de curent variabil. În metalul din cuptor se vor produce curenți induși, care-l vor încălzi, datorită efectului Joule-Lenz.

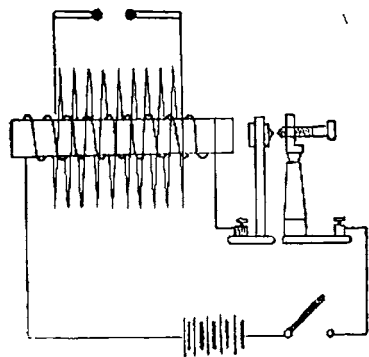


Fig. 123. — Bobină de inducție

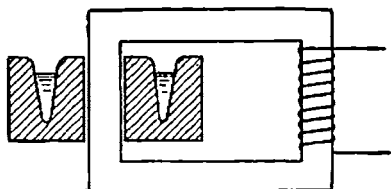


Fig. 124. — Cuptor de inducție

Cuptoarele de inducție se întrebuințează pentru a prepara oțeluri de bună calitate și alte aliaje. Au între altele și avantajul că, în masa topită, se produce o mișcare de amestec care este folosită pentru a face materialul omogen.

### Întrebări recapitulative

1. Cum se numește starea creată de un magnet în jurul său ?
2. Cum se produce o f. e. m. de inducție ?
3. Cât durează această f. e. m. de inducție ?
4. Ce se întâmplă dacă circuitul indus este închis ?
5. Dar dacă nu este închis ?
6. Prin ce regulă determinăm sensul curentului indus ?
7. Prin inducție se obține electricitate din nimic ?
8. Ce afirmă legea lui Lenz ?
9. Arătați rezistențele care se opun mișcării pentru a produce un curent indus.
10. Cum se produce o f. e. m. de inducție prin curent variabil ?
11. Cât durează curentul indus ?
12. Curenții induși se produc numai în circuite electrice ?
13. Ce este autoinducția ?
14. Ai observat acest fenomen la întreruperea curentului ?
15. Comparați inducția cu alte fenomene ?
16. Descrieți un aparat pentru produs curenți induși.
17. Ce aplicații ale inducției cunoașteți ?

## VII. CURENTUL ALTERNATIV

72. Folosirea curenților alternativi. Până acum sursele producătoare de curent pe care le-am folosit au fost pilele galvanice și acumulatorii.

Ori de câte ori am legat între bornele acestora o sârmă, am

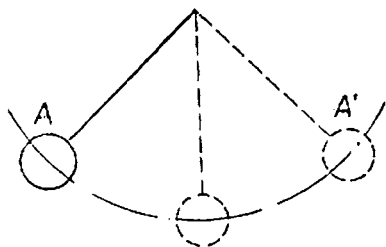


Fig. 125. — Mișcarea unui pendul este alternativă

constatat un curent electric cu sensul dela borna pozitivă la borna negativă.

Am văzut însă, la producerea fenomenului de inducție, că sensul curentului indus se schimbă alternativ.

În adevăr, în experiențele din fig. 116 curentul are un sens când apropiem magnetul și alt sens când îl îndepărtăm; la fel și în celelalte experiențe. Prin urmare avem de a face cu niște *curenți variabili, alternând sensul de circulație*.

Desigur, poate părea curios să folosim asemenea curenți, totuși deseori ne găsim în prezența fenomenelor alternative.

Astfel este mișcarea unui pendul; greutatea pendulului pleacă din poziția *A*, coboară pe un cerc, ajunge la punctul cel mai de jos *O*, apoi se ridică până în *A'*; își schimbă sensul, coboară până în *O*, urcă în *A*; iar schimbă sensul și așa mai departe.

Iată deci un fenomen alternativ care ne folosește și anume pentru a asigura mersul unui ceasornic.

Vom afla că și curenții alternativi ne aduc mari foloase.

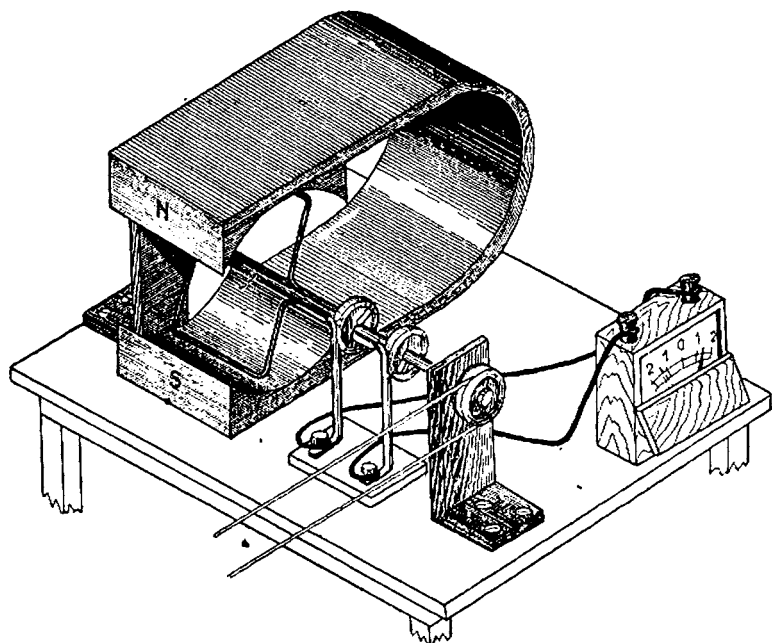


Fig. 126. — Într-o spirală se produce curent alternativ

Am văzut că prin mișcarea unui conductor sau a unei bobine într'un câmp magnetic au naștere forțe electromotoare și curenți induși.

Ca să urmărim mai bine un asemenea fenomen, să ne îololim de următoarea instalație:

Intre poli magnet puternic se găsește un arc orizontal și pe el este prinsă o spiră de cupru izolată, ale cărei capete sunt legate la două inele fixate pe ax și care deci se învâtesc odată cu spira. Pe fiecare inel freacă câte o lamă, fixată cu un șurub pe postament. Legăm cele două șuruburi printr'o sârmă, introducând în acest circuit și un galvanometru.

Intre poli magnetului se produc linii de forță care au sensul dela Nord la Sud. Învolvăm axul cu spira. În ea se va produce un curent variabil, pe care-l constatăm la galvanometru. Să urmărim laturile spirei: în această învârtire, ele taie liniile de forță ale magnetului. Deci se vor produce forțe electromotoare în acești conductori și, ca rezultat, va lua naștere un curent electric, circuitul fiind închis.

Să urmărim în fig. 128 a, b, c, d conductorii în mișcarea lor. Plecând din punctul 1 spre 2, conductorul A va tăia la început foarte multe linii de forță, apoi din ce în ce mai puține, pentru ca în punctul 2 să nu mai taie deloc linii de forță, căci conductorul alunecă în această porțiune aproximativ în lungul liniilor de forță.

Forța electromotoare indusă va fi la început mare, căci conductorul taie multe linii de forță, apoi va scădea treptat, pe măsura învârtirii conductorului, ajungând la zero, când acesta se găsește în poziția 2.

Să determinăm sensul curentului în conductor, aplicând regula mâinii drepte.

Vom ține mâna astfel, ca fluxul să intre prin palmă, iar degetul cel mare întins spre sensul de mișcare al conductorului. Vârful celorlalte degete ne arată că vom avea un curent care vine din față și intră în foaia de hârtie. Il vom nota cu semnul +.

Ce se întâmplă cu conductorul B?

El se mișcă din poziția 3 spre 4, tăind la început foarte

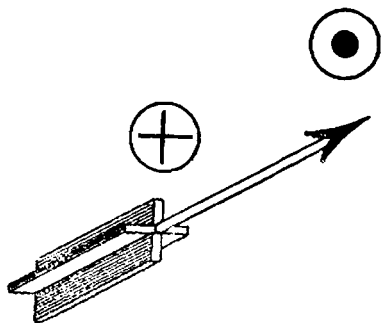


Fig. 127. — Sensul curentului

multe linii de forță, apoi din ce în ce mai puține, pentruca în punctul 4 să nu mai taie deloc linii de forță, căci conductorul alunecă în această porțiune aproximativ în lungul liniilor de forță.

Forța electromotoare indusă va fi la început mare, căci conductorul taie multe linii de forță, apoi va scădea treptat pe măsura învârtirii conductorului, ajungând la zero când acesta se găsește în poziția 4.

Să determinăm sensul curentului în conductor, aplicând regula mâinii drepte.

Vom ține mâna astfel ca fluxul să intre prin palmă, iar degetul cel mare întins spre sensul de mișcare al conductorului. Vârful celorlalte degete ne arată că vom avea un curent care vine dindărătul foii de hârtie. Il vom nota cu semnul  $\odot$ .

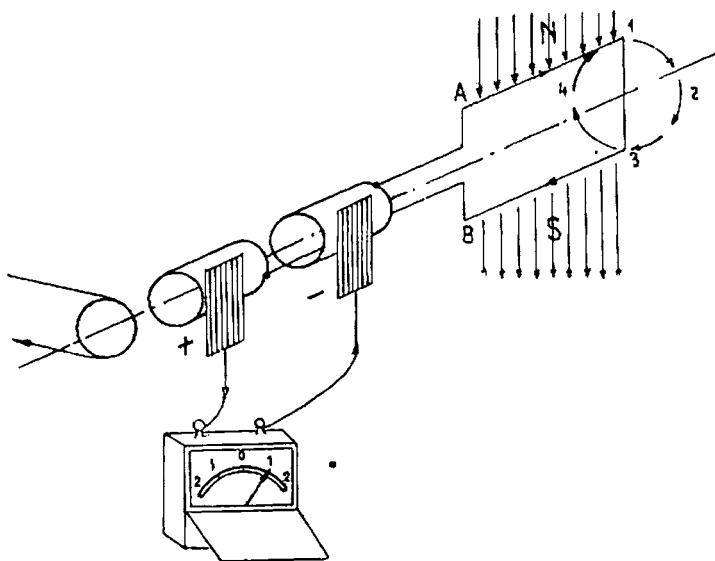


Fig. 128 a. — Sensul curentului în spiră

În spiră, cele două forțe electromotoare se adună, dând un curent unic pe care-l constatăm la galvanometru.

Dar să urmărim mai departe mișcarea conductorului A dela 2 la 3. Vom observa că treptat el taie tot mai multe linii de

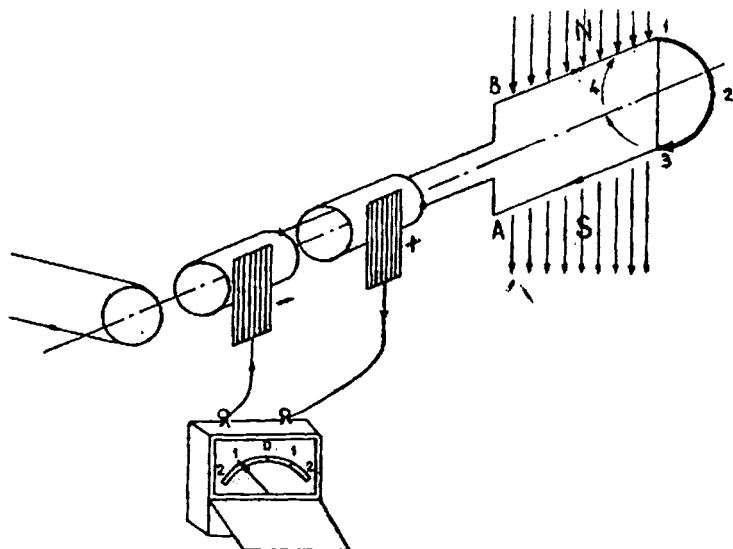
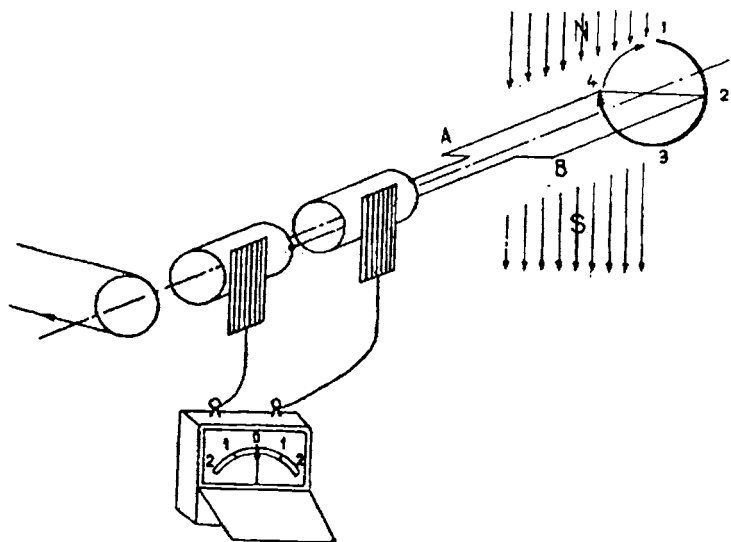


Fig. 128 b, c.

forță. Deci se va produce o forță electromotoare de inducție din ce în ce mai mare.

Să determinăm din nou sensul curentului. Vom constata, tot cu regula mâinii drepte, că pe această porțiune curentul are sens contrar față de sensul de până acum, adică lese din hârtie. Il vom nota cu un punct  $\odot$ .

Prin urmare, pe porțiunea 2—3, curentul are sens contrar față de sensul de pe porțiunea 1—2.

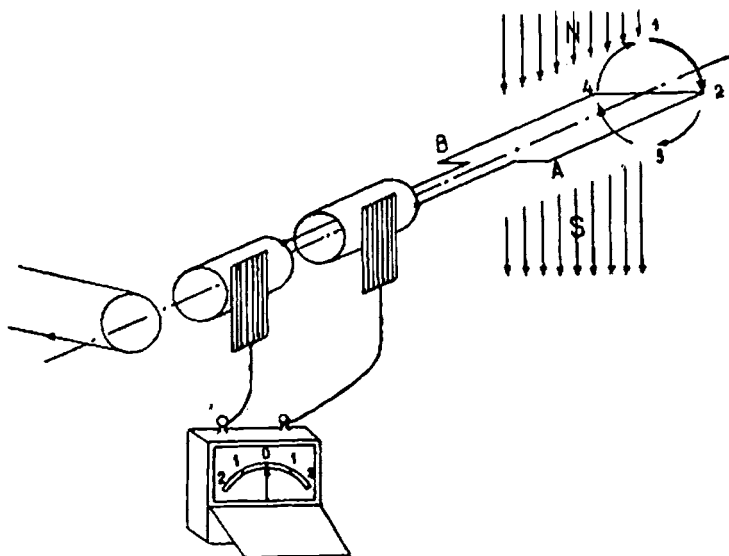


Fig. 128 d.

Conductorul B se mișcă în același timp dela 4 la 1. El taie treptat tot mai multe linii de forță. Deci se va produce o forță electromotoare de inducție din ce în ce mai mare.

Să determinăm sensul curentului. Vom constata, tot cu ajutorul regulei mâinii drepte, că pe această porțiune curentul vine din față și intră în hârtie. Il vom nota cu semnul  $+$ .

Și de data aceasta, cele două forțe electromotoare se adună, dând un curent unic pe care-l constatăm la galvanometru.

Să continuăm urmărirea conductorului A dela 3 la 4; conductorul taie din ce în ce mai puține linii de forță, deci, forța



electromotoare scade treptat, ajungând iarăși la zero în punctul 4, așa cum a fost și în punctul 2.

În ce privește sensul curentului, se constată ușor că este același ca și pe porțiunea 2—3.

Conductorul *B* se mișcă în acest timp în porțiunea 1—2, deci forța electromotoare va avea același sens ca și în conductorul *A* când se găsea în această poziție, adică vine din față și intră în foaia de hârtie. Și în acest caz, forțele electromotoare se adună.

În sfârșit, când *A* se mișcă pe ultima parte 4—1 forța electromotoare de inducție crește treptat până în punctul 4, iar sensul este același ca și pe porțiunea 1—2.

Conductorul *B* se mișcă în acest timp pe porțiunea 2—3; deci forța electromotoare va avea același sens ca și în conductorul *A* când era în această poziție, adică curentul iese din hârtie către noi. Și în acest caz forțele electromotoare se adună.

Iată deci că la o rotație de  $360^\circ$ , în conductorii *A* și *B*, forța electromotoare a plecat de la un maxim, a scăzut la zero, și-a schimbat sensul, a crescut din nou la maxim, a scăzut la zero, și-a schimbat sensul și a crescut treptat la maxim.

Acest ciclu se repetă la fiecare rotație. Am produs în felul acesta un *curent alternativ*.

*Tabela 7*

**Variațiile forței electromotoare și a curentului indus în conductorul *A***

Porțiunea din circumferență	Sensul curentului	Variația f. e. m. și a curentului
$0^\circ - 90^\circ$	pozitiv	scade de la maxim la zero
$90^\circ - 180^\circ$	negativ	crește de la zero la maxim
$180^\circ - 270^\circ$	negativ	scade de la maxim la zero
$270^\circ - 360^\circ$	pozitiv	crește de la zero la maxim

O variație asemănătoare avem și în conductorul *B*.

Variația de mai sus o putem reprezenta în modul următor: Desenăm circumferența pe care se mișcă *A* și o întindem pe o linie dreaptă, iar în diferite puncte ale ei ridicăm perpendiculare. Pe fiecare măsurăm o lungime egală cu intensitatea cu-

rentului care străbate conductorul când se află în acel punct al circumferenței. Unim apoi extremitățile acestor verticale și vom obține desenul din fig. 129.

O asemenea linie curbă se numește *sinusoidă*. Deci curentul produs cu mașina noastră este un *curent alternativ sinusoidal*. Atât forța electromotoare cât și curentul au aceeași formă.

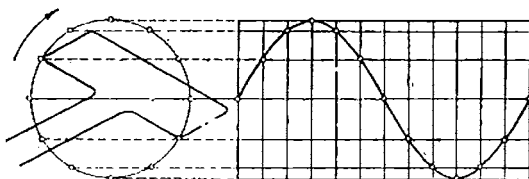


Fig. 129. — Sinusoidă

După  $360^\circ$  forța electromotoare și curentul trec din nou prin aceleași valori și au același sens.

*Timpul după care forța electromotoare și curentuliau aceleași valori și sens se numește perioadă și se înseamnă cu  $T$ .*

Dacă spira o învârtim de exemplu cu o astfel de viteză încât într-o secundă face 50 învârtituri complete înseamnă că într-o secundă avem 50 schimbări complete, adică 50 perioade.

*Numărul de perioade pe secundă se numește frecvență și se înseamnă cu  $f$ .* Rezultă că :

$$T = \frac{1}{f} \text{ sau } f = \frac{1}{T}$$

Deci curentul de mai sus are frecvența de 50 perioade pe secundă. Într-o secundă acest curent își schimbă sensul de 100 de ori.

Curenții alternativi obișnuiți, folosiți pentru luminat și motoare, au frecvența de 50 perioade pe secundă.

Spira de mai sus, făcând 50 învârtituri complete într-o secundă, înseamnă că a parcurs de 50 de ori câte  $360^\circ$  sau câte  $2\pi$  (unghiurile se măsoară în grade sau prin arcele unui cerc cu raza egală cu 1).

În total a parcurs într-o secundă :

$$2\pi \times 50$$

Dar 50 este frecvența. Vom nota :

$$\omega = 2 \pi f$$

$\omega$  (literă grecească, citește omega) se numește *pulsafia curentului alternativ* și, după cum am constatat, este viteza unghiulară a spirei.

Pentru frecvența 50 pulsafia este 314.

**73. Efectele curentului alternativ.** Să examinăm dacă curentul alternativ produce aceleași efecte ca și curentul continuu.

*Efectul caloric (termic).* În experiențele pe care le-am făcut, servindu-ne de curentul continuu, nu am constatat nicio modificare dacă inversăm bornele sursei și deci schimbăm sensul curentului.

Schimbarea sensului curentului nu poate modifica proprietatea curentului de a produce căldură.

Deci curentul alternativ produce căldură ca și curentul continuu și se aplică aceeași formulă, adică :

$$Q = 0.24 R I^2 t.$$

*Efectul chimic.* Deoarece curentul alternativ își schimbă continuu sensul, el nu poate produce descompuneri chimice. Am văzut că prin curentul continuu se transportă părți din electrolit spre catod și alte părți spre anod.

Dacă curentul își schimbă sensul înseamnă că de mai multe ori pe secundă catodul se transformă în anod și invers.

În astfel de condiții nu mai este posibilă depunerea.

*Efectul magnetic.* Am constatat că sensul în care deviază un ac magnetic așezat în vecinătatea unui curent continuu depinde de sensul curentului.

Acul magnetic în vecinătatea unui curent electric alternativ nu poate fi deviat, deoarece acțiunea curentului asupra acului își schimbă mereu sensul. Acul nu poate să urmeze toate schimbările curentului.

Electromagneții produși prin curent alternativ pot fi folosiți pentru puterea lor de atracție, dar polii magnetului se schimbă la fiecare modificare de sens a curentului. Prin urmare, la un curent alternativ de 50 perioade pe secundă vor fi 100 schimbări de polaritate.

**74. Tensiune efectivă și curent efectiv.** Am văzut că pentru

calculul efectului caloric se folosește și în curentul alternativ aceeași formulă ca în curentul continuu. De asemenea și pentru electromagneți și în multe alte cazuri.

Se pune însă întrebarea : cu ce valoare a forței electromotoare și a curentului vom lucra, căci acestea se schimbă necontenit ?

Calculule au dovedit că trebuie să lucrăm cu 0,707 din valoarea maximă a forței electromotoare și cu 0,707 din valoarea maximă a curentului.

Acestea se numesc *valori eficace* și se înseamnă cu  $U$  și  $I$ .

$$\begin{aligned} \text{Deci: } U &= 0,707 \times U_{\max} \\ I &= 0,707 \times I_{\max} \end{aligned}$$

Deci, un curent alternativ care are intensitatea maximă  $I$  produce același efect ca și un curent continuu având intensitatea 0,707.  $I$ .

Intotdeauna când se vorbește de intensitatea și tensiunea curentului alternativ se înțeleg valorile eficace ale tensiunii și curentului.

*Aplicații :* Să se determine intensitatea efectivă a unui curent alternativ a cărui intensitate maximă este de 100 A.

$$I = 0,707 \times 100 = 70,7 \text{ A.}$$

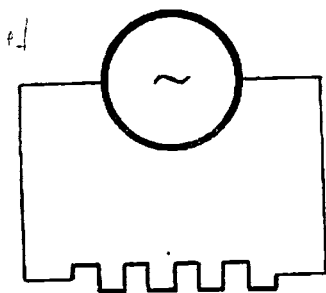


Fig. 130. — Circuit de curent alternativ cuprinzând un conductor liniar

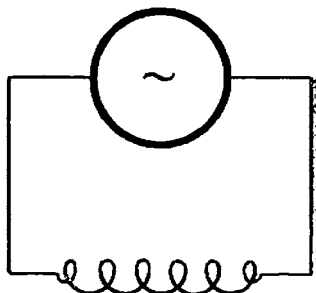


Fig. 131. — Circuit de curent alternativ cuprinzând o bobină

**75. Decalajul curentului.** Cu ajutorul mașinii arătate în fig. 126, obținem o tensiune alternativă între cele două lame și un curent alternativ în circuitul care le unește.

În acest circuit putem avea conductori liniari, adică simple rezistențe, sau bobinaje. În ultimul caz circuitul va fi caracterizat printr'un coeficient de autoinducție.

Am văzut însă la „Inducție” că un curent variabil într'un circuit cu autoinducție produce o forță electromotoare de inducție și că în acest caz curentul este în întârziere față de forța electromotoare.

Această întârziere o numim *decalaj*.

Am stabilit că forța electromotoare alternativă variază după cum arată curba.

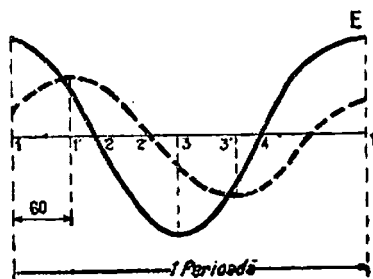


Fig. 132. — Sinusoidele forței electromotoare și curentului

Curentul produs de o asemenea forță electromotoare va avea aceeași formă, dar va fi în întârziere. Îl vom desena deci tot printr'o curbă sinusoidală, depărtată însă de sinusoida forței electromotoare.

Să urmărim învârtirea spirei și să urmărim și desenul din fig. 132; observăm următoarele:

În poziția 1: tensiunea este pozitivă și maximă, curentul pozitiv abia a început să crească.

În poziția 1': care este la 60° de 1, tensiunea este pozitivă și în scădere, curentul pozitiv este maxim.

În poziția 2: care este la 90° de 1, tensiunea este zero, curentul pozitiv este în scădere.

În poziția 2': care este la 150° de 1, tensiunea este în creștere, dar are sens contrar, deci negativ, curentul este zero.

În poziția 3: care este la 180° de 1, tensiunea este negativă și maximă, curentul negativ în creștere.

În poziția 3': care este la 240° de 1, tensiunea este în descreștere, curentul negativ este la maxim.

În poziția 4: care este la 270° de 1, tensiunea este zero, curentul negativ este în descreștere.

În poziția  $I$ ; care este la  $360^\circ$  dela început, tensiunea este pozitivă și maximă, curentul pozitiv în creștere.

Dacă în cazul din figură am împinge sinusoida curentului spre dreapta, cu porțiunea  $I-I'$ , ea s'ar suprapune peste sinusoida forței electromotoare.

Această distanță este deci tocmai decalajul între tensiune și curent. El se măsoară în grade. În cazul din figură, decalajul este de  $60^\circ$ .

Decalajul este cu atât mai mare cu cât coeficientul de autoinducție al unui circuit este mai mare.

Un circuit liniar nu are coeficientul de autoinducție, deci în el nu se produce decalaj, sau decalajul este 0 (zero).

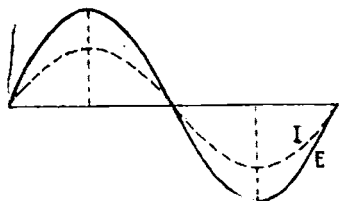


Fig. 133. — Decalaj zero

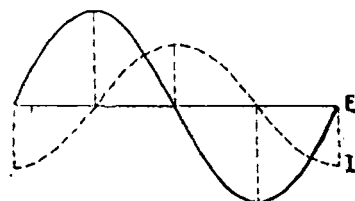


Fig. 134. — Decalaj de  $90^\circ$

Dacă circuitul este format numai din bobine a căror rezistență este foarte mică și deci o putem socoti 0, decalajul este de  $90^\circ$ .

Acesta este cel mai mare decalaj posibil între tensiune și curent.

Dacă în circuit sunt bobine care au o anumită rezistență, decalajul va avea o valoare între 0 și  $90^\circ$ , depinzând de mărimea coeficientului de autoinducție față de rezistență.

Unghiul de decalaj se înseamnă prin litera grecească  $\varphi$  (se citește „fi”).

**76. Legea lui Ohm pentru curentul alternativ.** Am constatat că într'un circuit de curent alternativ, având un coeficient de autoinducție (sau, pe scurt, având autoinducție) se produce o forță electromotoare de autoinducție care se opune tensiunii sau forței electromotoare aplicate circuitului.

Așa stând lucrurile, nu mai putem aplica legea lui Ohm pentru aflarea intensității curentului, în modul cum am aplicat-o pentru curentul continuu.

În adevăr din cauza forței electromotoare opuse de inducție, curentul este mai mic.

Dar curentul este mai mic și dacă rezistența sporește.

S'a constatat că putem aplica și în curent alternativ legea lui Ohm dacă sporim rezistența circuitului cu o cantitate care ține seamă de coeficientul de autoinducție.

Acastă rezistență a unui circuit de curent alternativ care cuprinde și bobine se numește *rezistență aparentă* sau *impedanță* și se notează cu  $Z$ .

Ea este cu atât mai mare cu cât coeficientul de autoinducție este mai mare dar și cu cât frecvența curentului este mai mare.

Impedanța  $Z$ , pentru un circuit format din rezistență și autoinducție, este :

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}.$$

Vom scrie legea lui Ohm pentru curentul alternativ sub forma :

$$I = \frac{E}{Z},$$

în care  $E$  este forța electromotoare din circuit, măsurată în  $V$ ,  $I$  este intensitatea curentului, măsurată în  $A$ , iar  $Z$  este rezistența aparentă (impedanța), care se măsoară tot în ohmi ca și rezistența.

Formula se mai poate scrie și sub forma :

$$I = \frac{U}{Z},$$

în cazul când circuitului i se aplică o tensiune.

Observăm că valorile  $I$ ,  $E$  și  $U$  sunt *valori efective*.

**77. Puterea în curentul alternativ.** Nu numai legea lui Ohm este diferită în curentul alternativ față de curentul continuu, ci și puterea.

Din cauza decalajului dintre tensiune și curent puterea este mai mică decât produsul dintre tensiune și curent.

Formula puterii este :

$$P = UI \cos \varphi$$

$\cos \varphi$  (se citește *cos „fi“*) depinde de valorile unghiului de decalaj. El se numește *factor de putere*.

Intotdeauna  $\cos \varphi$  este mai mic decât 1.

Dacă nu este niciun decalaj ( $\varphi = 0$ ) atunci  $\cos \varphi = 1$  și puterea are aceeași formulă ca în curentul continuu :

$$P = UI.$$

Dacă decalajul este maxim ( $\varphi = 90^\circ$ ) atunci  $\cos \varphi = 0$  și puterea este:

$$P = UI \times 0 = 0,$$

deci nu se produce nicio putere.

Între aceste valori extreme  $\varphi$  poate avea diferite valori și deci și  $\cos \varphi$ .

Se constată că foarte adeseori  $\cos \varphi = 0,8$ .

Ca și în curentul continuu, puterea se măsoară în wați.

**78. Introducerea folosirii curentului alternativ.** Multă vreme tehnicienii nu și-au dat seama de importanța curentului alternativ. Când s'a început a se construi mașini pentru producerea curentului electric, nimeni nu se gândea la folosirea curentului alternativ, ci primii constructori de mașini electrice s'au străduit să transforme curentul alternativ în curent continuu și au izbutit cu ajutorul „colectorului“, despre care vom învăța mai târziu.

Dar o asemenea mașină este mai complicată. Nu a trecut însă mult timp și tehnicienii au început a cunoaște proprietățile și posibilitățile curentului alternativ și astăzi ele sunt generalizate.

La început, fiecare centrală electrică alegea cum voia frecvența curentului. Erau astfel produși curenți cu frecvențe de 100, 120, 130 perioade pe secundă dar erau întrebuințați și curenți cu 40, 30 și chiar 16 perioade pe secundă.

Mai târziu s'a ajuns a se adopta o singură frecvență de 50 de perioade pe secundă.

Tot în cartea „Țara Electricității“ putem citi multe lucruri despre curentul alternativ.

### Curenți alternativi polifazați

**79. Curenți trifazați.** Să luăm trei mașini, de felul celor arătate în fig. 126 și să așezăm spirele fiecăreia așa cum se arată în fig. 135, adică spira din cazul II este la  $120^\circ$  față de cazul I, iar în cazul III spira este la  $240^\circ$  față de cazul I.

Plecând dela aceste poziții, să învârtim spirele cu aceeași luțeață. Distanța dintre ele va rămâne deci mereu cea arătată mai sus.



Să desenăm variația forței electromotoare pentru fiecare spirală.

După cum se constată, forța electromotoare în spira *II* este decalată cu  $120^\circ$  față de forța electromotoare din spira *I*, iar forța

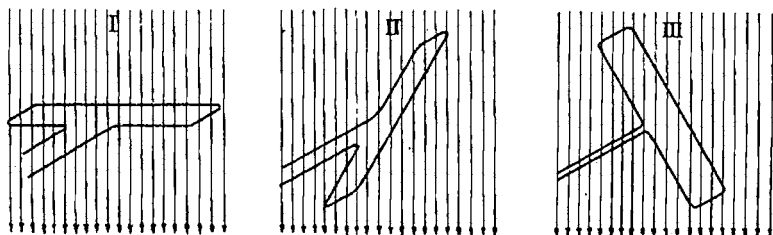


Fig. 135. — Producerea forțelor electromotoare decalate cu  $120^\circ$

electromotoare din spira *III* este decalată cu  $240^\circ$  față de forța electromotoare din spira *II*.

Avem deci trei forțe electromotoare, decalate între ele.

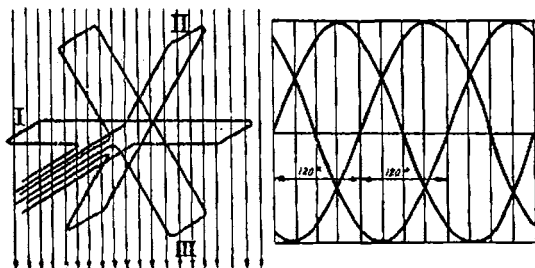


Fig. 136. — Forțe electromotoare decalate cu  $120^\circ$

În loc de a avea cele trei spire pe mașini diferite, să le montăm pe aceeași mașină.

Lucrurile nu se vor schimba în ceea ce privește producerea forțelor electromotoare.

Dacă fiecare spirală este închisă, în ea se va produce câte un curent alternativ.

Curenții, fiind produși de forțele electromotoare decalate cu  $120^\circ$ , vor fi și ei decalati tot cu câte  $120^\circ$ .

Vom obține prin urmare în aceeași mașină trei forțe electromotoare și trei curenți diferiți.

Asemenea curenți se numesc alternativi trifazici, sau, pe scurt, *curenți trifazici*.

Curenții trifazici sunt foarte mult întrebuințați în aplicațiile electricității.

**80 Proprietățile curenților trifazici.** Având pe mașină trei spire, înseamnă că vom avea 6 capete și deci 6 lamele pentru scoaterea curentului înafară.

Dacă privim desenul în fig. 136, vom observa că în fiecare poziție în care se găsesc cele trei spire curenții lor nu au nicio dată același sens; întotdeauna într-o spirală curentul are sens contrariu față de curenții din celelalte două spire.

Tot în desen se poate constăta că dacă cei trei curenți ar fi adunați, suma lor ar fi zero.

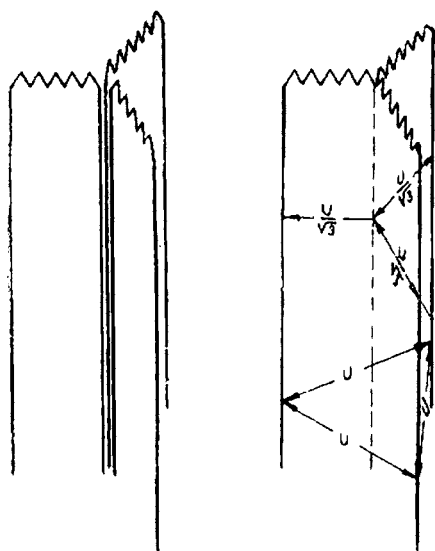


Fig. 137. — Legare în stea a conductelor trifazice

un capăt al altei spire. O asemenea legătură se numește *legătură în triunghi*.

Această proprietate este folosită în modul următor: se leagă împreună câte un capăt al fiecărei spire; în acel punct se adună cei trei curenți, dar suma lor este zero, după cum am arătat mai sus. Acesta este punctul neutru. În felul acesta au mai rămas numai trei capete libere ale spirelor, dela care culegem curentul înafară, prin trei lamele, de unde vor pleca trei sârme. O asemenea legare a sârmelor spirelor se numește *legătură în stea*.

Dar spirele se mai pot lega și altfel: se leagă un capăt al fiecărei spire cu legătură se numește *legătură*

Dela vârfurile triunghiului pleacă sârme care merg la la-  
mele pentru scoaterea curentului înafară.  
Și în acest caz, vom avea înafară tot trei fire.

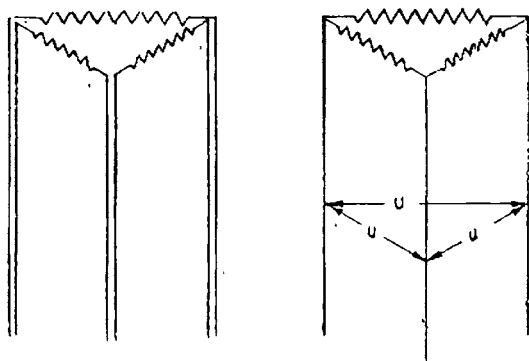


Fig. 138. — Legare în triunghi

Deci, la instalațiile de curenți trifazici pleacă dela sursa  
producătoare de curent trei conducte.

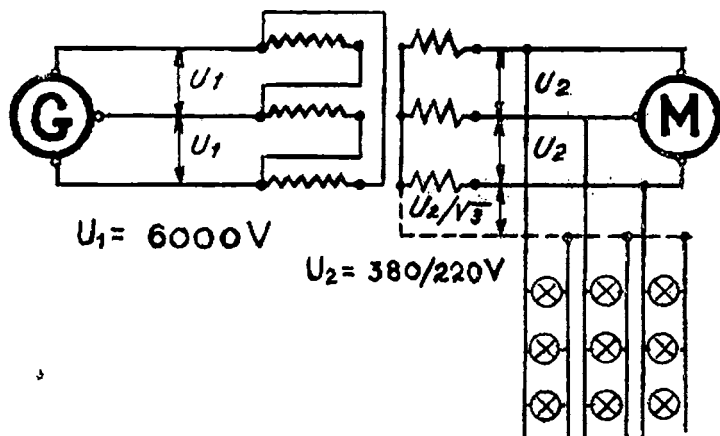


Fig. 139. — Exemple de legături în stea și triunghi

Uneori pleacă și dela firul neutru o conductă.

**81. Curenții bifazați.** După cum am produs trei curenți de-

calați între ei cu  $120^\circ$  cu ajutorul a trei spire, putem produce curenți decalați între ei cu  $90^\circ$ , folosind numai două spire, care sunt așezate la unghi drept. Asemenea curenți se numesc bifa-zați și sunt mult mai puțin întrebuiți decât curenții trifazați.

Dacă în mașina noastră avem o singură spirală, obținem un singur curent, care se numește *monofazat*.

Proprietățile curentului monofazat, pe care l-am examinat mai sus (decalaj, legea lui Ohm, formula puterii, etc.), se aplică la curenții bifazați și trifazați.

Bine înțeles, în cazul unui curent trifazat, puterea dată de cele trei circuite este egală cu de trei ori puterea unui circuit (tensiunile fiind egale în cele trei circuite, de asemenea și curenții).

### Exerciții

#### Întrebări :

1. De câte ori se schimbă sensul curentului alternativ într-o secundă, dacă spira din fig. 126 este învârtită cu o înălțime de 120 rotații pe minut ?
2. Dacă spira se învârtiște între patru poli, care se succed în ordinea N, S, N, S, iar axele lor sunt în unghi drept, de câte ori se schimbă sensul curentului la o rotație completă ( $360^\circ$ ) ?
3. Dacă, în cazul precedent, spira se învârtiște cu o înălțime de 600 rotații pe minut, de câte ori se schimbă sensul curentului într-o secundă ?
4. Ținând seamă de cele mai sus, să se stabilească formula frecvenței curentului pe baza vitezei de rotație ( $n$  = rotații pe minut,  $2p$  = numărul de poli).
5. Care este tensiunea eficace a unui curent alternativ sinusoidal a cărui valoare variază de la 0 la 312 V ?
6. Dar a unui curent alternativ sinusoidal a cărui valoare variază de la 0 la 70,6 A ?
7. Care este puterea produsă de un curent alternativ, având tensiunea de 220 V, intensitatea de 20 A și decalajul de  $60^\circ$  ?
8. Care este intensitatea unui curent alternativ, știind că puterea este de 10 kW, tensiunea de 220 V, iar decalajul de  $45^\circ$  ?
9. Care este intensitatea unui curent alternativ, știind că puterea este de 15 kW, tensiunea de 110 V, iar factorul de putere 0,8 ?
10. Cât este factorul de putere al unui circuit de curent alternativ, știind că puterea este de 2 kW, tensiunea de 220 V, iar intensitatea 10 A ?

#### Răspunsuri :

1. Într-o secundă, spira face  $\frac{120}{60} = 2$  rotații. La fiecare rotație se produce o schimbare de sens. Într-o secundă se vor produce deci 2 schimbări de sens.
2. În rotația de la un pol la altul de același nume se produce o schimbare. Vor fi deci două schimbări.

3. Într-o secundă, spira face  $\frac{600}{60}$  rotații. La o rotație se produc două schimbări, deci la 10 rotații:  $2 \times 10$  schimbări pe secundă.

$$4. f = \frac{p \times n}{60} .$$

$$5. V = 0,707 U_{max} \quad V = 0,707 \times 312 = 220 \text{ V.}$$

$$6. I = 0,707 I_{max} \quad I = 0,707 \times 706 = 50 \text{ A.}$$

$$7. P = 220 \times 20 \times 0,50 = 2200 \text{ W.}$$

$$8. I = \frac{10\,000}{220 \times 0,707} = 645 \text{ A.}$$

$$9. I' = \frac{15\,000}{110 \times 0,8} = 170 \text{ A.}$$

$$10. \cos \varphi = \frac{2\,000}{220 \times 10} = 0,91.$$

#### Intrebări recapitulative

1. Cum se produce curentul alternativ ?
2. Cum variază tensiunea ? Dar intensitatea ?
3. Ce efect are coeficientul de autoinducție asupra curentului alternativ ?
4. Ce se numește decalaj ?
5. Care este decalajul curentului față de tensiune, într'un circuit care are numai rezistența ohmică ?
6. Dar decalajul unui circuit care are numai autoinducție ?
7. La curentul continuu este decalaj între tensiune și curent ?
8. Cum se aplică legea lui Ohm în curentul alternativ ?
9. Ce este impedanța ?
10. Rezistența unui circuit care are o bobină (și deci are rezistență ohmică și autoinducție) este mai mare în curent alternativ, sau în curent continuu ?
11. Cum se calculează puterea unui curent alternativ ?
12. Este posibil să fie puterea nulă, deși tensiunea și intensitatea au anumite valori ?
13. Cum variază intensitatea curentului unui circuit, dacă puterea pe care o dă rămâne constantă, de asemenea tensiunea, dacă factorul de putere scade de la 1 la 0 ?

## VIII. ELECTROSTATICA

**82. Electrizare prin frecare.** Ne-am ocupat până acum de anumite fenomene electrice care au la baza lor existența unui curent electric; adică electricitatea în mișcare. Nu am avut niciun prilej să constatăm existența electricității, dacă nu era în mișcare. Astfel când deschideam un circuit, curentul înceta și încetau și efectele lui.

Vom constata însă că electricitatea se manifestă și prin alte efecte nu numai prin curent electric.

Am arătat că primele fenomene electrice au fost observate asupra chihlibarului. Un bastonaș de chihlibar frecat cu o stofă de lână capătă proprietatea de a atrage corpuri ușoare: bucățele de hârtie, etc. Aceeași însușire o are însă și un bastonaș de sticlă, de rășină, de ebonită, de sulf, etc. S'a spus că asemenea corpuri, prin frecare, se „electrizează” (folosind denumirea grecească a chihlibarului de „electron“).

Să facem mai multe experiențe pentru a ne da seama de aceste stări de electrizare.

Luăm două bastonașe de ceară și le frecăm cu un postav de lână. Punem unul din bastonașe pe un suport ascuțit, în jurul căruia se poate mișca.

Apropiem celălalt bastonaș; vom observa că bastonul de pe suport se îndepărtează.

Repetăm experiența, folosindu-ne însă de bastonașe de sticlă, frecate de o piele. Vom constata același fenomen de respingere.

Dacă înversăm lucrurile și apropiem bastonașul de sticlă de cel de ceară, vom observa că ele se apropie.

Experiențele de mai sus se pot face în multe feluri. Astfel, în loc de a fi așezate pe un suport ascuțit, bastonașele se pot atârna cu câte un fir de mătase.

Oricare dintre noi putem face asemenea încercări simple. Rezultatele vor fi mereu aceleași: bastonașele de sticlă se resping; la fel cele de ceară. Invers, bastonașele de sticlă atrag pe cele de ceară.

Să atingem deodată bucățelele mici de hârtie cu un bas-

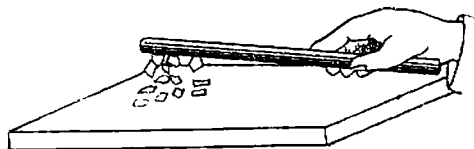


Fig. 140 a. — Efectele electrizării prin frecare

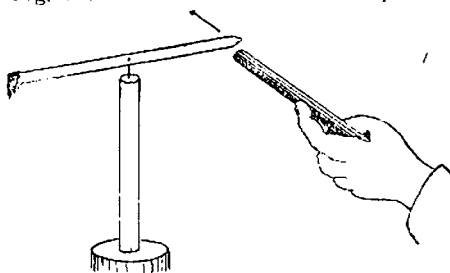


Fig. 140 b. — Efectele electrizării corpurilor

tonaș de sticlă și cu un bastonaș de ceară electrizate. Nu se mai întâmplă nimic; hârtiuțele nu mai sunt atrase.

Concluzia celor de mai sus este următoarea :

*Electrizarea corpurilor este de două feluri : sticloasă și rășinoasă ; cele două feluri de electrizări, în contact, se anulează.*

În algebră am văzut că mărimile contrare se înseamnă cu + și —. La fel s'a făcut și aci ; electrizarea sticloasă s'a însemnat cu + (pozitiv), iar cea rășinoasă s'a însemnat cu — (negativ).

**83. Electrizarea prin contact.** Să luăm o bobită de măduvă de soc sau de floarea soarelui și să o atârnăm de un suport cu un fir de mătase. Bobița se poate balansa ușor în orice direcție. Acest aparat simplu se numește *pendul electric*.

Electrizam un bastonaș de sticlă, frecându-l și-l apropiem de bobită. Ea este atrasă până ce se lipește de sticlă ; pe urmă însă se deslipește și se depărtează.

Apropiem un bastonaș de ceară electrizat prin frecare; bobîța va fi atrasă. Ce deducem? Prin contactul cu un corp electrizat, bobîța a fost și ea electrizată.

Repetăm experiența, folosîndu-ne de două pendule și apropiind de bobîțe sticlă electrizată. Apropiem apoi pendulele; bobîțele se vor respinge.

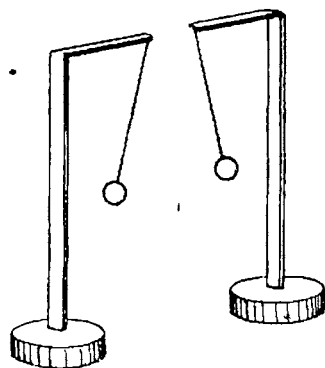
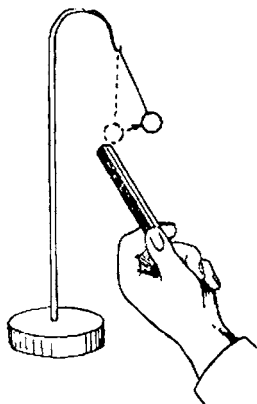


Fig. 141. a — Pendul electric

Fig. 141. b. — Pendule electrice

*Deci, starea de electrizare poate fi transmisă dela un corp la altul, dacă acele corpuri vin în atingere.*

84. **Electroscopul.** Odată ce aceste rezultate au fost stabilite, s'a găsit că e necesar să se construiască un aparat care să măsoare gradul de electrizare al unui corp și felul electrizării. S'a construit în acest scop aparatul numit electroscop, care se compune dintr'o sticlă, cu un dop, prin care trece o vergea de metal. În afară, vergeaua se termină cu o mică bilă, iar aproape de capătul dinăuntru are prinsă o foaie metalică ușoară.

Dacă apropiem de bilă un corp electrizat, electroscopul se va electriză; vergeaua cu foaia, electrizându-se la fel, se vor respinge, deci foaia se va îndepărta de vârful vergelei. Îndepărtarea este mai mare sau mai mică, după gradul de electrizare.

Dacă avem un corp electrizat, dar fără să știm cu ce fel de electricitate, și-l apropiem de bilă, se pot întâmpla două lucruri:

— foaia se îndepărtează mai mult, ceea ce dovedește că ne-am apropiat cu un corp care are o electrizare de același nume cu electroscopul;



— foița se apropie, ceea ce dovedește că ne-am apropiat cu un corp, care are o electrizare de semn contrar celei a electroscopului.

85. **Trecerea electrizării dela un corp la altul.** Să legăm bila electroscopului printr'un fir subțire de cupru, lung de câțiva metri, cu o sferă de metal, susținută pe un picior de sticlă.

Electrizăm un corp, de exemplu un bastonaș de rășină, și atingem cu el sfera de metal.

Vom constata că foița electroscopului se îndepărtează, deci s'a încărcat cu electricitate; atingem sfera cu degetul, foițele se apropie, electroscopul a pierdut electricitatea.

Să înlocuim firul de cupru prin altul de mătase. Dacă atingem acum din nou sfera de metal cu bastonașul de rășină electrizat, foițele nu se mai îndepărtează. Electrizarea nu a mai trecut de pe sferă la electroscop.

Atingem însă electroscopul cu bastonașul, foițele se îndepărtează. Atingem cu degetul sfera, foițele rămân neschimbate.

Deci, prin firul de mătase nu se transmite electrizarea.

Să înlocuim, în cele din urmă, firul de mătase printr'unul de

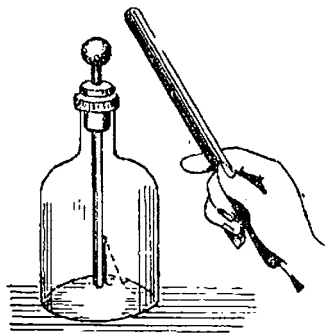


Fig. 142. — Electroscop

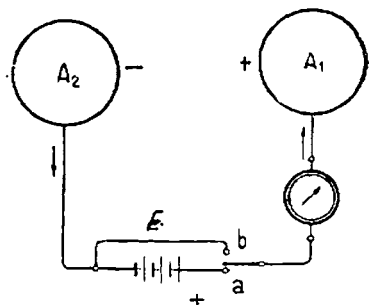


Fig. 143. — Electrizare cu ajutorul elementelor galvanice

câneapă. Electrizarea se transmite, dar îndepărtarea foițelor se face încet.

Deci: *prin unele corpuri, electrizarea se poate transmite lesne, prin altele mai greu și, în sfârșit, prin altele deloc.*

Din prima categorie fac parte mai ales metalele, apoi cărbunele, soluțiile de săruri, acizi și baze, precum și corpul omenesc.

Ele se numesc *conductori*. Printre celelalte sunt: sticla, porțelanul, bumbacul, mătasea, ebonitul, cauciucurile, uleiurile.

Ele se numesc *izolanți* sau *dielectrici*.

Între corpurile conducătoare și izolanți este o mare categorie de corpuri, mai mult sau mai puțin bune conducătoare, și care se numesc *semiconductori*.

**86. Electrizarea cu ajutorul unei forțe electromotoare.** Am constatat că stări de electrizare pot produce un curent electric.

Să legăm două sfere metalice, prin sârme de cupru, cu cei doi poli ai unei baterii de elemente galvanice, introducând și un galvanometru precum și un comutator. Este bine ca bateria să aibă o forță electromotoare cât mai mare.

Vom observa mai multe fenomene:

a) Galvanometrul va arăta o deviație de scurtă durată, deci un curent a trecut de la baterie spre sfere. De vreme ce s'a produs un curent  $I$  într'un timp  $t$ , înseamnă că o cantitate de electricitate s'a deplasat de la baterie pe sfere și anume:  $Q = I t$ .

b) Cu ajutorul unui electroscope sau al unui pendul constatăm că sfera  $A_1$  s'a încărcat cu electricitate sticloasă, iar sfera  $A_2$  s'a încărcat cu electricitate rășinoasă. După cum se vede din fig. 143 electricitatea sticloasă corespunde bornei  $+$  a bateriei și electricitatea rășinoasă bornei  $-$ .

Ce concluzie tragem? Cu ajutorul pilelor galvanice am produs electrizarea celor două sfere ca și în cazul frecării. Am mai constatat că această electrizare este datorită unei cantități de electricitate care s'a deplasat pe sfere. Am mai observat că electricitatea sticloasă corespunde bornei  $+$  a elementului galvanic, iar electricitatea rășinoasă bornei  $-$ .

Iată deci că starea de electrizare este datorită încărcării cu electricitate a celor două sfere.

c) Dacă apropiem un pendul electrizat pozitiv de  $A_1$  constatăm că este respins; apropiat însă de  $A_2$  este atras. Fenomenul se petrece invers, dacă apropiem un pendul electrizat negativ. Deci sferele electrizate exercită în jurul lor niște forțe egale.

Putem trage concluzia că:

Sfera  $A_1$  s'a încărcat cu cantitatea de electricitate pozitivă  $+Q$ , iar sfera  $A_2$  s'a încărcat cu cantitatea de electricitate negativă  $-Q$ .

Mai putem exprima același lucru spunând că sfera  $A_1$  este

încărcată cu *sarcina electrică pozitivă*  $+ Q$ , iar  $A_2$  este încărcată cu *sarcina electrică negativă*  $- Q$ .

**87. Legea lui Coulomb.** Am văzut că sferile electrizate atrag sau resping bobinele pendulelor.

Forța care se exercită între două corpuri electrizate a fost stabilită de fizicianul Coulomb (citește Culomb). Coulomb a făcut experiențe cu un aparat numit *balanța de răsuclire*, cu care se pot măsura forțe mici.

1. Punând sfere electrizate la fel, la diferite distanțe una de alta, a măsurat forțele de respingere. El a constatat că, dacă, de exemplu, depărtarea este de un cm, se produce forța  $F$ , dacă distanța este de 2 cm, forța scade la  $F/4 = F/2^2$ ; dacă distanța se mărește la 3 cm forța scade la  $F/9 = F/3^2$ . Prin urmare, forța variază invers proporțional cu pătratul distanței.

2. Păstrând distanța neschimbată, dar variind încărcarea electrică, s'au constatat următoarele:

Dacă încărcările celor două sfere sunt egale se produce o forță  $F$ , dacă încărcările sunt de două ori mai mari, se produce o forță de 4 ori mai mare, adică  $2 \times 2$ , dacă încărcările sunt de trei ori mai mari se produce o forță de 9 ori mai mare, adică  $3 \times 3$ .

Forța este deci proporțională cu produsul sarcinilor.

Aceste rezultate se pot expune printr-o formulă simplă:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{d^2},$$

în care:

$Q_1$  este încărcarea electrică a unui corp,

$Q_2$  este încărcarea electrică a celuiălalt corp,

$d$  este distanța între ele,

$F$  este forța măsurată între cele două corpuri.

Dacă  $Q_1$  și  $Q_2$  sunt de același semn, înseamnă că  $F$  va fi pozitiv, și înseamnă că cele două corpuri se resping.

Dacă  $Q_1$  și  $Q_2$  sunt semne contrarii,  $F$  este negativ și înseamnă că cele două corpuri se atrag

Legea de mai sus se exprimă astfel:

Două sarcini electrice se atrag, dacă sunt de sens contrariu, și se resping dacă sunt de același sens, direct proporțional cu produsul lor, și invers proporțional cu pătratul distanței dintre ele.

Formula de mai sus este valabilă când sarcinile electrice sunt în vid. Dacă ele se află într'un mediu oarecare ea devine:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon d^2} \text{ deci forța este mai mică.}$$

$\epsilon$  (litera grecească, care se citește „epsilon”) se numește *constanta dielectrică* și are o anumită valoare pentru fiecare corp izolator.

lațã valorile câtorva dielectrici: aerul 1,00057 ; parafina 2,30 ; ebonita 2,80 ; sticla 5—7 ; mica 8.

88. **Electrizarea prin influență.** Luăm o sferă de metal pe un picior izolanț și o încărcăm pozitiv prin contact ; o apropiem de un conductor de metal în formă cilindrică, cu capetele alungite.

Ce vom constata ? Cîndrul se încarcă negativ în vecinătatea *C* a sferei și pozitiv la partea opusă *D*, lucru care se constată lesne, cu ajutorul unor pendule electrice făcute cu fire bune conducătoare lipite pe cilindru.

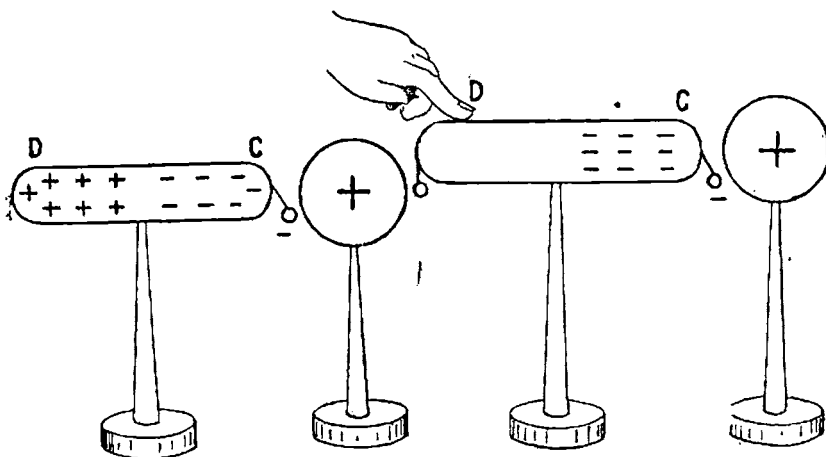


Fig. 144 a, b. — Electrizarea prin influență

Dacă atingem cilindrul cu degetul, facem prin corp o legătură conducibilă cu pământul și electricitatea pozitivă se scurge, lucru care se constată cu ajutorul pendulului din *D*, a cărui bobită se apropie de cilindru.

Ridicăm degetul și îndepărtăm sfera, bobita pendulului *D* se îndepărtează. Constatăm că întregul cilindru este încărcat cu electricitate negativă, care s'a răspândit dela capătul *C*.

Vom spune: conductorul *B* s'a electrizat prin influență.

Acest fenomen îl vom constata și cu ajutorul electroscoapului.

Apropiem de bila electroscoapului un bastonaș de sticlă electrizat ; foițele se îndepărtează. Atingem bila cu un deget, foițele se apropie.

Ridicăm degetul și îndepărtăm bastonul, foițele se îndepărtează din nou și rămân în această poziție.

Apropiem acum un bastonaș de sticlă electrizat, îndepărtarea foiielor se mărește. Apropiem un bastonaș de sticlă electrizat, foițele se apropie.

Să explicăm aceste fenomene :

La prima apropiere a bastonului de sticlă electrizat, bila electroscoapului s'a încărcat negativ, iar foițele pozitive.

Atingând bila cu degetul, electricitatea pozitivă s'a scurs, iar tot electroscoapul a rămas încărcat negativ.

Apropiind bastonașul electrizat negativ se produce în folie electricitate negativă, de aceea ele se îndepărtează mai mult.

Apropiind bastonașul electrizat pozitiv s'a produs în foițe electricitate pozitivă care a anulat electricitatea negativă existentă, de aceea foițele s'au apropiat.

**89. Electrizarea se produce numai pe suprafața exterioră a corpurilor.** Să presupunem că cele două sfere din experiența din fig. 143 sunt goale pe dinăuntru. Orice tensiune vom aplica, vom constata că în interior nu este nicio sarcină electrică.

Deci sarcina electrică se răspândește numai pe suprafața exterioră a conductorilor și niciodată în interior, chiar dacă pereții conductorului este foarte subțiri. Atingând interiorul cavității cu un conductor, acesta nu se electricează; dacă dimpotrivă, conductorul este electrizat electrizarea lui dispare și anume, sporește încărcarea electrică dela suprafață.

Experiența dovedește că și în cazul când suprafața exterioră are întreruperi sarcina electrică nu se stabilește în interior.

Să luăm în acest scop o cușcă de metal. Pe fața exterioră să prindem un pendul și să punem un pendul și în interior. În loc de a folosi pendule putem să legăm fața interioară și cea exterioră la câte un electroscope.

Oricât de mare ar fi electrizarea cuștii, vom constata că pendulul din interiorul ei rămâne nemișcat; deci, în interior, cușca rămâne neelectrizată. Această proprietate servește pentru apărarea clădirilor contra trăsnetelor. Se înconjoară clădirile cu o rețea metalică cu ochiuri mari, legate la pământ.

**90. Câmp electric. Linii de forță.** Oriunde vom duce un corp electrizat în jurul sferelor  $A_1$  și  $A_2$ , fig. 143, vom constata că este atras sau respins, după semnul sarcinilor electrice. Deci, oriunde în jurul unui corp electrizat se exercită forțe. Vom spune că există un *câmp electric*.

Se numește *intensitatea câmpului electric forța exercitată asupra unei sarcini egale cu 1 aflată în acel punct*.

Să aplicăm legea lui Coulomb ținând seamă că sarcina  $Q_2=1$ ; intensitatea câmpului electric rezultă din :

$$E = \frac{Q_1 \cdot 1}{s \cdot d^2} = \frac{Q_1}{s \cdot d^2}.$$

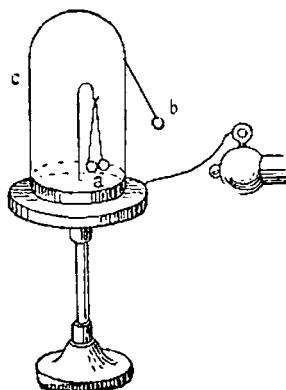


Fig. 145. — Electrizarea corpurilor numai la suprafață

Dacă cunoaştem pe  $E$ , putem determina forţa care se va exercita în acel punct, asupra oricărei sarcini:

Căci:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{e d^2} = E Q_2 .$$

Dar o forţă are şi o anumită direcţie. Ea ne este arătată de liniile de forţă. Dacă de o sferă de metal legăm fâşii subţiri de foiţă de ţigară şi apoi electrizăm sfera, foiţele se vor electriza şi ele şi se vor îndrepta după direcţia razelor sferei. Faptul acesta ne arată că razele reprezintă direcţia forţelor.

91. **Capacitatea electrică.** Să continuăm experienţele cu aparatele din fig. 143. Să închidem întrerupătorul în poziţia  $a$ . Vom observa la galvanometru un curent  $I$  trecător în timpul  $t$ . Ştim că a trecut o cantitate de electricitate.

$$Q_1 = I t .$$

Să repetăm experienţa, dar în loc de  $E_1$  să utilizăm o baterie, care are o forţă electromotoare mai mare,  $E_2$ , şi apoi alta  $E_3$  şi mai mare. Vom constata diferite cantităţi de electricitate  $Q_2$ ,  $Q_3$ , etc. Intre cantităţile de electricitate şi f. e. m. găsim relaţia:

$$\frac{Q_1}{E_1} = \frac{Q_2}{E_2} = \frac{Q_3}{E_3} = C .$$

Să trecem apoi întrerupătorul în poziţia  $b$ ; galvanometrul ne va arăta aceleaşi cantităţi de electricitate trecând în sens invers.

Dispozitivul nostru este deci un acumulator de electricitate. El se numeşte *condensator electric*, iar cele două părţi  $A_1$  şi  $A_2$  sunt *armaturile condensatorului*.

Mărima  $C$  definită mai sus se numeşte capacitatea *condensatorului*.

Dacă avem un condensator, care pentru o tensiune de 1 V acumulează o cantitate de electricitate de un coulomb,

$$C = \frac{1}{1} = 1 \text{ farad şi se înseamnă prescurtat cu } F .$$

*Faradul este unitatea de măsură cu care se măsoară capacităţile.*

Deoarece este o unitate prea mare, pentru capacităţile obiş-

nuite, se lucrează cu o unitate de un milion de ori mai mică, numită *microfarad*, care se înseamnă prescurtat cu mF.

1 F = 1 000 000 mF.

Numele de Farad s'a dat după fizicianul Faraday.

Capacitatea  $C$  a unui condensator depinde de izolantul care separă cele două armături numit și dielectric.

Această capacitate este mai mare dacă dielectricul este de exemplu parafină în loc de aer și este și mai mare dacă dielectricul este sticlă.

După ce am încărcat sferile  $A_1$  și  $A_2$ , să mutăm comutatorul în poziția  $b$ . Galvanometrul va arăta un scurt curent electric de sens invers decât cel dela încărcare. Condensatorul s'a descărcat. Sferile nu mai au sarcină electrică.

Condensatoarele cele mai utilizate sunt cele plane; se mai construiesc condensatoare sferice și cilindrice. Condensatoarele plane sunt formate din plăci metalice, separate prin dielectric.

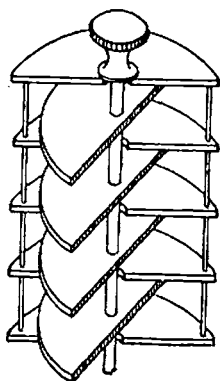


Fig. 146 a. — Condensator plan variabil (pentru radio)

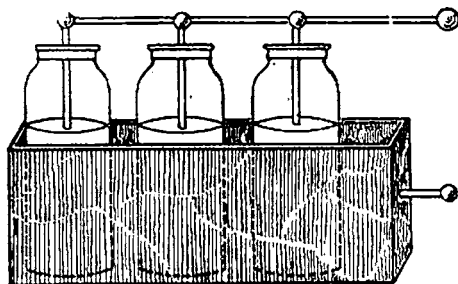


Fig. 146 b. — Butelia de Leyda

Dacă însemnăm cu  $S$  suprafața plană în  $\text{cm}^2$ , cu  $e$  depărta-rea dintre plăci măsurată în cm, iar  $\epsilon$  constanta dielectrică a izolantului dintre plăci, capacitatea este dată de formula:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi e}.$$

Un condensator cilindric este butelia de Leyda, care se prezintă precum se vede în fig. 146. Ea este formată dintr'un

cilindru de sticlă, acoperit pe fața internă și pe cea externă cu staniol (foiță de cositor). Ele formează armaturile. Armatura interioară este legată cu o vergea de metal care se termină afară cu o sferă.

Pentru încărcare, se pune în contact sfera cu corpul electrizat, iar armatura externă se leagă la pământ.

**92. Legarea condensatoarelor.** După cum mai multe rezistențe se leagă în serie sau derivație, la fel putem lega mai multe condensatoare. Fig. 147 arată condensatoare identice legate în serie.

Dacă fiecare are capacitatea  $c$ , capacitatea totală este egală cu  $C = \frac{c}{3}$  iar cantitatea de electricitate totală este  $Q = CU$ .

În derivație; fig. 148 arată condensatoare legate în paralel, capacitatea rezultantă este  $C = 3c$ .



Fig. 147. — Condensatoare în serie

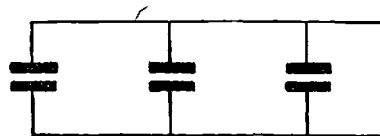


Fig. 148. — Condensatoare în derivație

Dacă unim cele două armături ale unui condensator printr'un fir metalic după ce am legat și un galvanometru, vom constata că se produce un curent datorit cantității de electricitate acumulată.

**93. Densitatea electrică.** Am văzut că electricitatea se răspândește numai la suprafața corpurilor conducătoare. Cantitatea de electricitate pe un  $\text{cm}^2$  din suprafața conductorului se numește *densitate electrică superficială*. Pe un corp electrizat ea nu este egală; ea depinde de curbura conductorului.

Pe o sferă care are aceeași curbura peste tot, densitatea superficială este și ea aceeași. Dacă suprafața are curburi diferite, densitatea superficială este mai mare în locurile unde curbura este mai mare.

Să facem următoarea experiență: Luăm un corp cilindric, fixat pe un suport izolator și terminat cu o parte ascuțită. Pe suprafața cilindrului lipim din loc în loc câte două foițe de staniol. Electrizăm conductorul. Vom constata că foițele se în-



depărtează unele de altele și că acelea așezate spre partea ascuțită se îndepărtează mai mult. Deci acolo densitatea este mai mare.

Pe un vârf ascuțit, dacă densitatea depășește o anumită valoare, electricitatea nu se mai poate menține și se scurge în aer sub formă de efluvii. Aerul din jur se încarcă cu electricitate de același sens cu a vârfului. Cele două electricități se resping însă. Dacă vârful se poate roti, se va mișca din cauza forței de respingere. Se obține astfel o morișcă electrică.

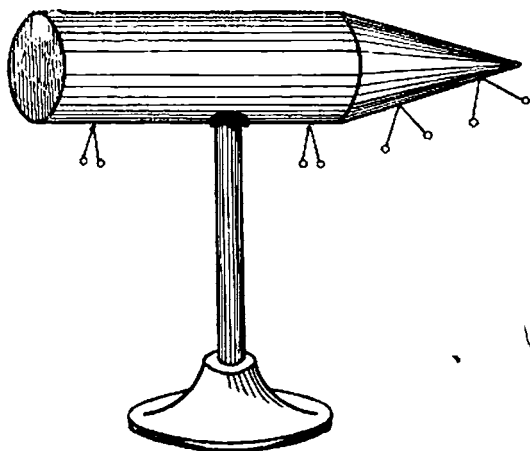


Fig. 149. — Variația densității superficiale

**94. Rigiditatea dielectrică.** Dacă la experiențele din fig. 143 mărim tensiunea aplicată celor două sfere separate prin aer, la un moment dat tășnește între cei doi poli o scânteie și cele două sfere se descarcă.

Dacă între ele se găsea un perete despărțitor de exemplu sticlă, se va întâmpla același lucru, dar pentru o tensiune mai mare. Se numește *rigiditate dielectrică* tensiunea care trebuie aplicată la doi conductori separați printr'un dielectric (izolant) în grosime de 1 cm, pentru ca acel dielectric să fie străbătut prin descărcare electrică. Aceasta este o tensiune explosivă.

Cu cât grosimea dielectricului este mai mare, cu atât este necesară o tensiune mai mare.

Cunoașterea rigidităților dielectrice are o mare importanță

pentru construirea condensatoarelor și, în general, pentru folosirea oricărui izolanț, deoarece trebuie să știm la ce tensiune acest izolanț va fi străbătut.

De exemplu, la cablurile electrice subterane, unde sunt conductori la tensiuni mari, foarte apropiate, trebuie ca izolanții între ei să fie foarte rezistenți.

Iată valorile rigidității pentru câteva corpuri: aer 32 000 V; petrol 65 000 V; sticlă 73—300 000; hârtia 40—100 000; hârtia parafinată 400 000—500 000 V; mica 600—700 000 V.

Se constată că ultimii corpi au o mare rigiditate. De aceea ei se întrebuințează foarte mult ca izolanți la mașinile electrice, cabluri, etc.

95. *Efectul Corona.* Curentul electric este deseori transmis prin conductori menținuți la tensiuni foarte mari. Acești conductori sunt sârme de cupru sau aluminiu suspendate de stâlpi, în așa fel ca între ele să fie distanțe mari, uneori 2—3 m.

Scopul depărtării este de a evita descărcările prin scântei.

Chiar cu aceste măsuri de prevedere s'a constatat că se produce o descărcare lentă, dacă conductorii au diametru mic.

Acest fenomen se numește *efectul Corona*.

Pentru a-l evita, la linii electrice de foarte mare tensiune, conductorii trebuie să aibă un diametru mare.

96. *Mașini electrostatice.* Electrizarea corpurilor adică încărcarea lor cu electricitate se poate face și cu unele mașini speciale. Ele n'au întrebuințări practice, ci numai în laborator.

#### Intrebări recapitulative

1. Prin ce se arată electricitatea în mișcare?
2. Cum se electrizează unele corpuri?
3. De ce întrebuințăm la experiențele de electrizare prin frecare: seară, sticlă, ebonită, adică izolanți?
4. Câte feluri de electrizare există?
5. Cum se mai pot electriza corpurile?
6. Ce este electroscopul?
7. Explicați funcționarea electroscopului ținând seamă de fenomenul de influență electrică.
8. Explicați electrizarea prin forța electromotoare.
9. Stabiliți legătura între electricitatea în mișcare și electricitatea în repaus.
10. Ce este o sarcină electrică?
11. Formulați legea lui Coulomb.
12. Ce este constanta dielectrică?
13. Ce corpuri au constanta mai mare?
14. Ce sunt izolanții și ce sunt corpi conductori?

15. Unde se găsește electricitatea pe un corp ?
16. Ce este densitatea electrică ?
17. Unde este densitatea electrică mai mare pe un corp ?
18. Ce este un condensator electric ?
19. Care este unitatea de capacitate pentru condensator ?
20. Ce condensatoare cunoașteți ?
21. Cum se leagă condensatoarele ?
22. Ce este rigiditatea dielectrică ?
23. Ce corpuri cu rigiditate mare cunoașteți ?
24. Ce importanță practică are rigiditatea dielectrică ?
25. Ce este efectul Corona ?

## IX. CURENȚI ELECTRICI ÎN GAZE

**97. Descărcări electrice în aer.** Am făcut diferite experiențe cu conductori formați din corpuri solide sau lichide prin care treceau curenți electrice și am constatat diferite fenomene.

Să încercăm a produce trecerea curentului electric prin gaze și vapori.

Ele nu sunt bune conducătoare de electricitate căci, dacă ar fi, s'ar produce imediat scurgerea electricității de pe corpurile electrizate.

Totuși, prin aer există o pierdere continuă, ceea ce dovedește că intrucâtva este conductibil.

În aer liber, trecerea curentului între doi conductori ținută sub tensiune se poate face prin *descărcări*. Ele se produc dela anumite tensiuni care depind de starea în care se găsește aerul; dacă este umed este străbătut mai lesne.

Descărcările sunt de mai multe feluri :

*Descărcări lente* : fără lumină, se produc la tensiuni joase și mai ales între corpuri din care unul să fie ascuțit.

Descărcări luminoase în formă de ciorchine de culoare violetă, se produc la tensiuni mai mari.

Descărcări care se produc între firele liniilor electrice de mare tensiune și care au forma unei coroane luminoase.

*Descărcări sub forma arcului electric sau voltaic.* Am văzut că se produc la distanțe mici între electrozi și după ce aceștia s'au încălzit.

*Descărcări prin scântel* se produc la aplicarea unor tensiuni mari, între doi conductori : la bobina de inducție de exemplu.

**98. Descărcări atmosferice.** În atmosferă se produc descărcări electrice prin scântel, sub formă de fulgere care se produc între nori și sub forma trăsnetelor, care se produc între nori și pământ.

Aceste scântei sunt de mari dimensiuni și pentru producerea lor sunt necesare tensiuni de sute de milioane de volți.

Lungimea unui fulger este de mai mulți km, tensiunea poate ajunge la 30 miliarde V, intensitatea la 20 000 A, dar durata este foarte scurtă: o miime până la o zecime de secundă.

Dacă doi nori încărcati cu electricități diferite se apropie destul de mult, între ei se produce o descărcare electrică: scântela (fulgerul) însoțită de sgomot (tunetul).

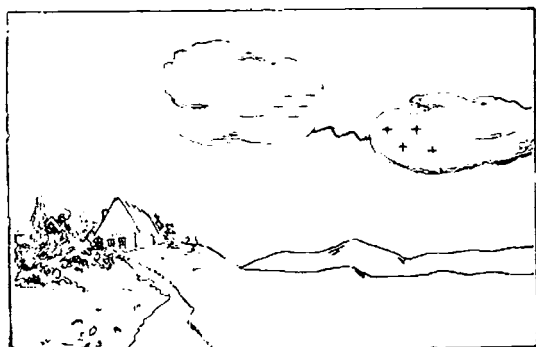


Fig. 150. — Fulger

Acesta se aude mai târziu dar scânteia și sgomotul se produc în același timp. Cauza este că lumina călătorește cu o viteză foarte mare 300 000 km pe secundă, pe când sunetul cu abia 340 m/s.

De aceea vedem mai întâi fulgerul și mai târziu auzim tunetul. Cum se produce trăsnetul? Un nor încărcat cu electricitate trece destul de aproape deasupra unor obiecte dela suprafața pământului.

Prin influență se produce electrizarea obiectului și, anume, în partea apropiată de nor se va produce o electrizare de sens contrariu aceleia a norului.

Dacă electrizarea este puternică are loc o descărcare: trăsnetul. El produce diferite distrugerii: clădiri sau copaci aprinși, oameni omoriți.

Apărarea clădirilor contra trăsnetului se face prin *para-trăsnete*. Ele se compun dintr'o vergea de metal, terminată cu un vârf ascuțit, care se fixează pe clădire.

Vergeaua se leagă cu pământul printr'o placă de aramă așezată adânc în pământ și, pe cât se poate, în loc umed.

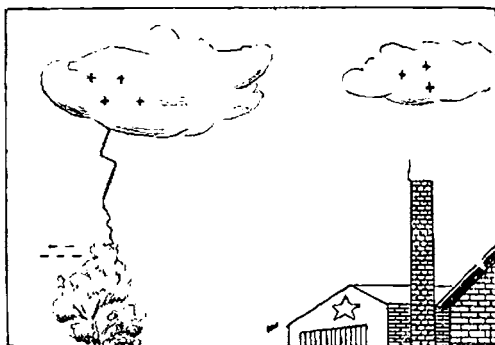


Fig. 151. — Trăsnet

La electrizarea clădirii prin influență, la trecerea unui nor încărcat cu electricitate, un fel de electricitate se va scurge

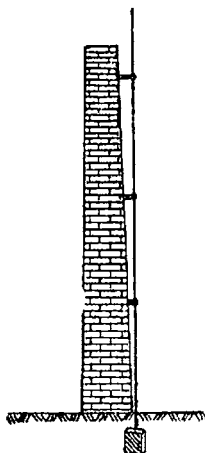


Fig. 152. — Paratrăsnet

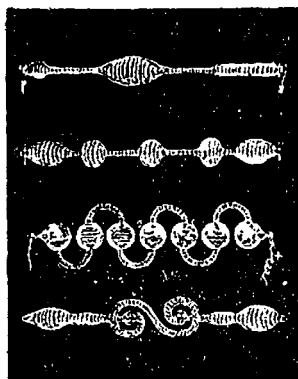


Fig. 153. — Tuburi luminoase

lent prin vârful ascuțit, iar cealaltă electricitate se va scurge în pământ. Deci clădirea își pierde electrizarea.

Dacă totuși se produce o descărcare între nor și clădire ea va lua drumul paratrăsnetului.

De aceea legătura cu pământul trebuie să fie foarte bine făcută. Altfel paratrăsnetul pune casa în pericol.

Studiul electricității atmosferice este foarte important și poate avea mari urmări în viitor.

De asemenea studii s'au ocupat mai mulți învățați ruși. Astfel a fost Richman care a murit în 1753 făcând experiențe în timpul descărcărilor electrice.

Este interesant să știm cum se făceau primele experiențe:

Se înălța în timp de ploaie un simeu cu un vârf ascuțit de metal, ținut cu o sfoară de mătase. Sfoara udată de ploaie devenea conducătoare. Electricitatea atmosferică se scurgea astfel și putea fi constatată printr'o mică scânteie produsă la apropierea unui corp de metal.

Savantul rus Lomonosov a stabilit teoria electricității atmosferice.

**99. Descărcări electrice în tuburi.** Ne vom folosi în experiențele noastre de tuburi speciale, care au o parte gătită și la a căror capete pătrund electrozi metalici.

Legăm acești electrozi la o sursă de curent electric, unul la polul pozitiv și altul la polul negativ. Electrocul legat la polul pozitiv se numește *anod*, iar cel legat la polul negativ se numește *catod*. În fiecare tub este introdus câte un alt gaz.

Dacă aceste gaze sunt la presiune normală, se produc între

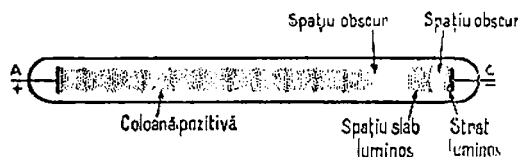


Fig. 154. — Descărcare în gaze la presiune redusă

electrozi descărcări prin scânteie, în cazul când tensiunea aplicată este destul de mare spre a străpunge dielectricul. Să facem însă, treptat vidul, adică să absorbim cu o pompă gazul dinăuntru, răbindu-l. Fenomenul descărcării se schimbă încetul cu încetul. Când presiunea ajunge la vreo 10 mm, vom observa o bandă luminoasă în tub, a cărei culoare diferă după natura gazului introdus.

Dacă reducem presiunea la 2—3 mm în coloana de mercur, lumina se va întinde de la un electrod la celălalt. Observăm că

lensiunea între electrozi, pentru o distanță între ei de vreun decimetru, trebuie să fie de vreo 1000 V; curentul care trece este foarte mic, de câțiva miliamperi. Deci, rezistența pe care o opune gazul, este mare. Dacă micșorăm presiunea mai mult, observăm în tub, începând dela catod, mai multe zone diferite, un strat subțire luminos, apoi un spațiu obscur, care se lungeste dacă presiunea scade, urmează o regiune slab luminoasă, altă regiune obscură, și, în sfârșit, până la anod o coloană luminoasă (numită coloana pozitivă). Aceasta umple cea mai mare parte a tubului.

**100. Luminatul prin descărcări electrice.** Am văzut până acum că electricitatea ne pune la dispoziție două mijloace pentru luminat: lămpile cu fir incandescent și lămpile cu arc. Cel mai folosit este primul, care se bazează pe principiul următor: un filament este încălzit prin trecerea unui curent electric, la temperatură foarte înaltă, la care emite radiațiuni luminoase.

Pentru ca filamentul să nu ardă, este ferit de contactul cu oxigenul și este închis într'un glob de sticlă.

Dar descărcările în gaze ne dau și ele un mijloc de a produce lumină, care, după cum vom vedea, prezintă avantaje, din anumite puncte de vedere, față de lămpile cu fir incandescent.

Acestea au neajunsul că cea mai mare parte din energia electrică se consumă pentru a produce căldură, și numai o mică parte este transformată în lumină.

De aceea, de multă vreme, tehnicienii și cercetătorii științifici, au încercat să obțină „lumina rece”, adică lumina care să nu fie însoțită de producerea de căldură.

**101. Tuburi luminoase.** O aplicație a descărcărilor în gaze, o găsim în tuburile luminoase, folosite mai mult pentru reclamă și pentru decorațiuni.

Tuburile, cu diametrul dela 10 la 45 mm, sunt umplute cu gaze diferite, după culoarea pe care dorim să o obținem.

În special se întrebuințează gazele rare: neon, pentru a obține culoarea roșie-portocalie; heliu pentru a obține culoarea roză-aurie; argon și mercur, sau helium și mercur, sau neon și mercur pentru a obține culoarea albastru-violette.

Alte colori (verde, galben) se pot obține utilizând sticle care conțin anumite substanțe.

Între electrozi se aplică o tensiune alternativă destul de



mare, de aproximativ 150—160 V pentru fiecare metru de tub, cu diametrul obișnuit (22 mm).

Deseori tuburile se fac de astfel de lungimi, ca tensiunea să nu treacă de 1000 V. Totuși, dacă diametrii sunt mari și lungimea mare, tensiunea necesară crește. Nu se poate însă trece de 6000 V, căci tensiunea devine periculoasă. În punctele în care se folosesc asemenea tuburi, dacă se face un bransament dela rețeaua electrică a orașului, tensiunea trebuie ridicată, căci dela rețea nu se obține decât 220 V maximum. Este nevoie în acest scop de un mic transformator.

Din cauza tensiunilor mari, folosite în asemenea instalații, se pot întâmpla accidente, dacă nu se iau măsurile tehnice prescrise de regulamente. Prin funcționare tubul se încălzește la aproape 35°; electrozii se încălzesc până la 150°. Viața unei asemenea lămpi este de aproape 3000 ore de funcționare. Efectul luminos la tuburile cu neon este de aproape 25 lumini pentru fiecare watt.

De obicei, asemenea tuburi luminoase sunt cunoscute sub numele de tuburi cu neon. Am văzut însă că, pe lângă neon, se mai folosesc și alte gaze rare. Asemenea lămpi, se construiesc și cu alte gaze decât cu cele rare, și anume: cu azot, pentru a obține o colorație galben-roză. Bioxidul de carbon dă o colorație albă-albastră.

Tuburile luminoase cu astfel de gaze se fac cu diametrul mai mare, de 40—45 mm și cu lungimi până la 50—60 m. Ele necesită însă tensiuni mult mai mari, peste 5000 V.

Asemenea tuburi luminoase se folosesc și ca reclamă, dar mai ales pentru a încadra cu chenare luminoase clădirile mari, spre a obține anumite efecte de arhitectură.

**102. Lămpi cu vapori metalici.** Ele sunt construite pe principiul descărcării electrice, într'un tub în care s'a introdus un metal lesne evaporabil ca zincul, rubidiul, cadmiul, potasiul, sodiul și mercurul. În tehnică sunt folosite numai ultimele două, pentru că lumina dată de ele corespunde mai bine utilizărilor practice.

*Lampa cu sodiu* se compune dintr'un tub, în interiorul căruia se găsește albul, curbat în formă de U și în care pătrund doi electrozi. În acesta se introduce o cantitate de sodiu, în tubul exterior este vid.

La aplicarea tensiunii între electrozi, sodiul nu este evaporat. Se produce însă o descărcare între un electrod și altul auxiliar, iar căldura degajată, evaporă sodiul. Atunci încep a se produce descărcări, dând o lumină galbenă. Lampa este în completă funcționare după câteva minute dela aplicarea ten-

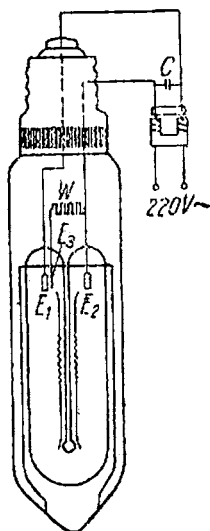


Fig. 155. — Lampă cu vapori de sodiu

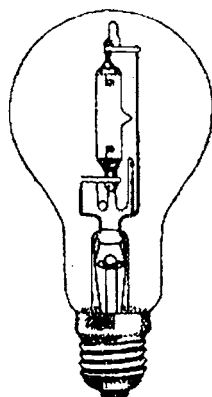


Fig. 156 a, b. — Lămpi cu vapori de mercur

siiunii. În mod obișnuit, sunt folosite pentru curent alternativ la 220 V. Efectul lor luminos este de 45—60 lumeni pe watt. Asemenea lămpi sunt bune pentru iluminatul străzilor, deoarece la lumina galbenă, conducătorul de vehicule vede mai accentuat obstacolele și alte vehicule (lumina galbenă străbate mai lesne prin ceață).

*Lampa cu vapori de mercur.* Globul lămpii conține un electrod din mercur, și unul dintr-un metal rezistent, tungsten, sau chiar grafit. Lumina dată este albastră-verzuie, foarte neplăcută. Corpurile luminate astfel iau un aspect ciudat față de aspectul lor obișnuit; în deosebi, fața oamenilor ia un aspect curios.

*Lampa de cuarț.* Se construiesc lămpi cu vapori de mercur.

la care în loc de sticlă se folosește cuarț, care permite ridicarea temperaturii foarte mult.

Radiațiunile date de o asemenea lampă conțin foarte multe raze ultraviolete, care au întrebuințare în medicină. Corpul expus la o asemenea lampă se bronzază, ca și cum ar fi stat la soare.

*Lămpi la mare presiune.* S'a constatat că efectul luminos al lămpilor cu mercur este cu mult mai mare dacă vaporii sunt sub presiune.

O astfel de lampă se compune dintr'un tub, în care se produce descărcarea electrică, dintre doi electrozi ; în el se introduce un gaz și mercur.

Se construiesc lămpi cu presiune de 1—5 atmosfere, dar și lămpi cu foarte mare presiune, care poate ajunge până la 20—30 atmosfere, în care cazuri tubul este de cuarț sau de sticlă specială.

Lămpile cu vaporii de mercur sunt folosite tot numai pentru iluminatul străzilor sau pentru alte scopuri tehnice.

Efectul lor luminos este de 35—50 lumeni pe watt.

S'a constatat că dacă se amestecă lumina dela o lampă cu mercur cu lumina dată de o lampă cu incandescență, se obține o lumină la fel cu cea a zilei. De aceea s'au construit lămpi, care conțin în același glob cele două feluri de lămpi.

În rezumat, lămpile de care ne-am ocupat, nu se bazează pe fenomenul incandescenței, ci pe acel al descărcărilor în gaze. Ele se numesc *lămpi de emisiune* și se caracterizează prin :

- mare eficacitate luminoasă ;

- dau lumină de o singură culoare, care se numește *lumină monocromatică*, spre deosebire de lumina zilei, care, se știe, că se poate descompune în șapte colori, toate la un loc dând lumină albă.

Din această cauză, lămpile cu descărcare nu se folosesc pentru iluminat în interior, ci numai pentru iluminat în exterior, în special pentru străzi.

*Lămpi de semnalizare.* Aceste lămpi sunt construite ca lămpile cu descărcare, dintr'un amestec de neon și heliu. Dau un flux luminos mic absorbind o foarte mică putere de 0,25—3 W. Ele se folosesc ca lămpi indicatoare, pe săli întunecoase, etc. Lumina lor licărește continuu.

103. **Lămpi pe baza luminiscentei.** Materiile luminiscente au proprietatea de-a emite raze luminoase atunci când sunt supuse la diferite radiațiuni neluminoase. Unele din aceste materii emit radiațiunile luminoase numai atâta timp cât sunt supuse radiațiunilor de mai sus. Aceasta se numește *fluorescență*.

Dacă emisiunea de lumină continuă și după ce au încetat radiațiunile la care au fost supuse, înseamnă că avem de a face cu corpuri *fosforescente*. Aceste materii sunt deci adevărați *transformatori de radiațiuni*.

Bazate pe această proprietate, s'au construit lămpi cu vapori de mercur, la presiune joasă și care funcționează pe principiul descărcării electrice. Globul lor este acoperit la exterior cu o materie fluorescentă; prin descărcarea electrică în vapori de mercur, se produc diferite radiațiuni, între care și raze ultraviolete, care, dând de substanțe fluorescente, sunt transformate în radiațiuni de lumină albă.

Lămpile bazate pe principiul luminiscentei au avantajul unui efect luminos mare și pe acela de a putea obține lumina de culoarea dorită, după felul materiei fluorescente. Pentru fiecare watt, efectul luminos obținut este de aproximativ 40 de lumeni, adică cu mult mai mare decât pentru lămpile cu incandescență. Asemenea lămpi, a căror utilizare se face de câțiva ani promit să ajungă un mijloc important de luminat pentru interiorul clădirilor.

104. **Razele catodice.** Să continuăm experiențele pe care le-am început cu tuburile din fig. 153. Rărind și mai mult aerul sau gazul, cu ajutorul unei pompe, vom reduce presiunea.

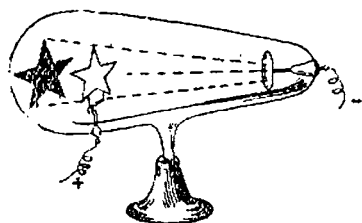


Fig. 157. — Razele catodice se propagă în linii drepte

Vom observa că partea luminoasă se restrânge și chiar dispare. Zona obscură, care la început era numai în apropiere de catod, a cuprins deci tot tubul. Se poate ajunge la o presiune egală cu a sută și chiar a mia parte dintr'un milimetru de mercur, dar, în acest caz, ca să se continue descăr-

cărea electrică, trebuie ca tensiunea aplicată electrozilor să fie de mai multe zeci de mii de volți. Ce se mai întâmplă în tub? Vom face câteva încercări lămuritoare. Să introducem o placă metalică așezată în fața catodului și tălătată în formă de stea.

Vom constata că pe peretele tubului de sticlă, îndărătul plăcii, apare umbra stelei. Aceasta dovedește că, dela catod pleacă *raze invizibile* care au fost numite *raze catodice*.

Apropiem un magnet și constatăm că umbra se apropie sau se depărtează, după polul magnetului; razele sunt deci atrase sau respinse, ceea ce înseamnă că prin tub trece un curent electric, care este deviat de magnet. Să introducem în tub două plăci încărcate cu electricitate, una pozitiv și alta negativ; constatăm de asemenea devierea razelor din tub.

Să așezăm în interiorul tubului o morișcă ușoară de aluminiu, ea se va mișca.

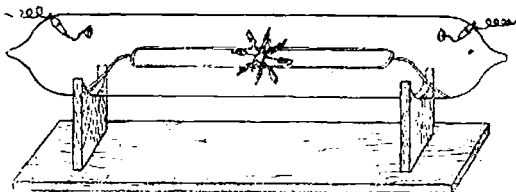


Fig. 158. — Razele catodice mișcă o morișcă

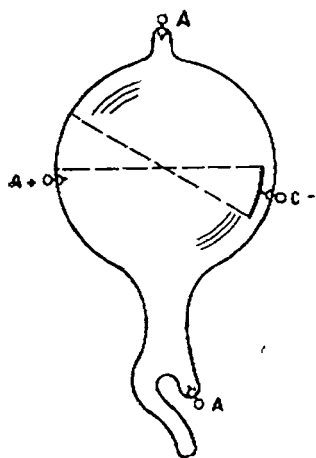


Fig. 159. — Emisiunea este normală pe suprafața catodului

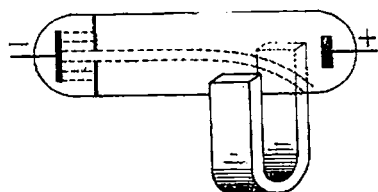


Fig. 160. — Razele catodice sunt deviate de un câmp magnetic

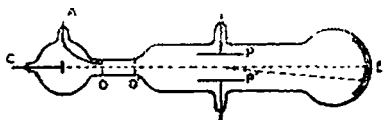


Fig. 161. — Razele catodice sunt deviate de un câmp electric

Deci razele invizibile trebuie să fie formate din foarte mici particule în mișcare care, lovind paletetele, produc învârtirea.

Asemenea experiențe și altele au stabilit toate proprietățile razelor catodice pe care le notăm și noi mai jos :

1. Razele catodice pleacă dela catod perpendicular pe suprafața lui, oricare ar fi poziția anodului.
2. Dacă întâlnesc un obstacol, îl bombardează și produc încălzirea lui. Așezând o foaie subțire de platină în focarul unui catod concav, acesta se înroșește și chiar se topește. Peretele sticlei, pe care se proiectează mai îndelung aceste raze, se înmoaie și chiar se poate distruge.
3. O rotiță subțire, cu aripi, așezată în drumul lor, se învârtă.
4. Sunt deviate de un magnet, deci de un câmp magnetic.
5. Sunt deviate de două plăci legate la + și la - ale unei surse de curent continuu, deci sunt deviate de un câmp electric.
6. Se transmit în linie dreaptă și sunt oprite de obstacole.
7. Multe substanțe atinse de aceste radiațiuni devin fluorescente, adică emit lumină.
8. Prinse într'un cilindru, un electroscope arată că radiațiunile au o sarcină negativă.

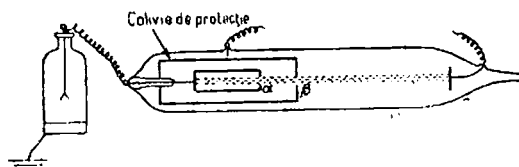


Fig. 162. — Razele catodice au o sarcină negativă

9. Viteza lor variază între 20 000 și 250 000 km/s, depinzând de tensiunea aplicată.

10. Produc o serie de reacțiuni chimice: sticla care conține plumb se înnegrește, impresionează placa fotografică, etc.

Toate aceste rezultate conduc la concluzia că radiațiunile catodice sunt formate din mici particule încărcate cu electricitate negativă; aceste particule au fost numite *electroni*, ele poartă cea mai mică cantitate de electricitate negativă.

Masa unui electron este aproximativ a 1840-a parte din masa atomului cel mai ușor, hidrogenul, iar sarcina lui electrică este de  $1,59 \times 10^{-19}$  coulombi.

Rezultatele de mai sus au foarte mare importanță deoarece *electronul* este una din părțile care constituie *materia*.

Razele catodice formate din electroni, pot fi scoase din tubul în care s'au produs în felul următor: se face o mică fereastră în tub și se include cu o lamă foarte subțire de aluminiu. Se constată că electronii o străbat și ajung în aer, dar aici sunt repede opriți din cauza ciocnirii lor cu moleculele gazoase.

105. **Oscilografu catodic.** În vecinătatea razelor catodice, să punem o bobină străbătută de un curent alternativ. Direcția acestor raze va suferi o deviere mereu variabilă așa cum este și curentul. Dacă se înregistrează pe o placă fotografică aceste deviații, vom obține forma curentului alternativ, care am văzut că este de obicei o curbă, numită sinusoidă. Acest aparat se

numește oscilograf catodic și servește pentru a cerceta care este forma unui curent alternativ.

106. **Razele anodice.** Să facem în catodul, așezat în fața anodului, un mic orificiu și să punem îndărătul catodului o placă fotografică. Vom constata că aceasta a fost impresionată.

De asemenea, se poate observa că unele substanțe așezate acolo emit lumină. Deci, și aici avem raze. Care este natura lor?

Ele sunt deviate de un câmp magnetic și de un câmp electric. Dacă sunt captate într'un tub legat la un electroscoop se dovedește că sunt formate din particule încărcate pozitiv.

Viteza particulelor este mai mică decât a particulelor de electricitate negativă care formează razele catodice.

Aceste raze au fost numite *anodice*.

Ele sunt formate din atomi încărcăți pozitiv; asemenea atomi se numesc *ioni*.

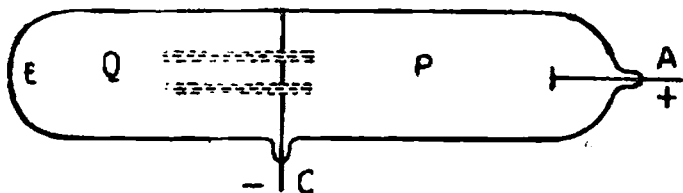


Fig. 163. — Producerea razelor anodice

107. **Razele X.** Razele catodice, când lovesc un obstacol, de exemplu sticla tubului în care sunt produse, produc o emisiune de alte radiațiuni, care s'au numit X. Existența lor s'a descoperit datorită faptului că impresionează placa fotografică așezată în apropierea tubului și că produc lumina unei plăci de platinocianură de barlu (adică produce un fenomen de fluorescență).

Proprietățile lor, înafara celor de mai sus, sunt următoarele:

1. Se propagă în linii dreaptă.

2. Străbat cele mai multe corpuri, tot așa cum trece lumina prin sticlă, străbat chiar și corpul omenesc; prin oase suferă însă o anumită absorbție. Metalele, cu cât sunt mai grele, sunt mai greu de străbătut. O lamă de plumb groasă de 2 cm le oprește complet.

Absorbția datorită peretelui de sticlă al tubului sau a hârtiei care acoperă o placă fotografică este neînsemnată.

De aceea putem obține lesne aceste raze înafara tubului.

3. Razele X nu sunt deviate nici de câmpul magnetic, nici de cel electric.

4. Ionizează aerul, adică îl descompune în particule încărcate cu electricitate.

5. Descarcă corpurile electrizate aflate în drumul lor.

Experiențele făcute au arătat că ele nu mai sunt constituite din particule electrizate, cum sunt razele catodice sau cele anodice.

*Aceste raze sunt de aceeași natură ca și lumina și anume sunt unde electromagnetice.*

Dacă razele străbat un obiect care prezintă părți cu grade diferite de absorbție, părțile mai greu de străbătut vor apare negre pe un ecran fluorescent, sau pe o placă fotografică, iar cele mai lesne străbătute vor apare mai deschise.

Pe această proprietate se bazează *radioscopia*, adică apariția pe un ecran fluorescent a imaginii corpului, străbătut de razele X și *radiografia* adică înregistrarea pe o placă fotografică.

Razele X, datorită acestei însușiri, au căpătat o mare întrebuințare în medicină pentru a se descoperi cu ajutorul lor, rupturi de oase, corpuri străine, răni interne, etc.

Dacă însă cad un timp mai îndelung pe țesăturile unui organism viu, ele pot produce arsuri; de aceea cel care lucrează cu razele X trebuie să ia măsuri de protecție.

S'a mai constatat însă, că țesuturile atinse de cancer sunt mai re-

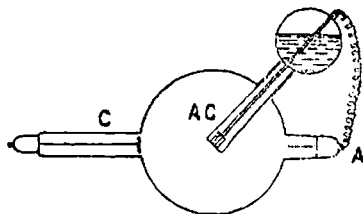


Fig. 164. — Producerea razelor X

pede arse decât cele sănătoase; de aceea razele X se întrebuințează și în tratamentul cancerului.

Mai sunt folosite în metalurgie, pentru a se cerceta dacă un metal este omogen la sudură, pentru a căuta bule în metale turnate, etc.

Razele X se produc într'un tub de sticlă în care catodul este concav, iar în punctul de întâlnire al razelor catodice se găsește o placă metalică, numită *anotod*, legată cu anodul. Această placă bombardată de razele catodice emite raze X. Deoarece se încălzește foarte mult de pe urma acestui bombardament, trebuie să fie făcută dintr'un metal care se topește greu: platină și tungsten și în plus trebuie să fie răcită cu apă.

Razele X au fost descoperite în anul 1895 și au adus mari foloase omenirii.

### Întrebări recapitulative

1. Aerul și gazele sunt bune conducătoare de electricitate?
2. Cum trece un curent electric prin aer?
3. Expuneți diferitele feluri de descărcări.
4. Firele electrice ale liniilor de înaltă tensiune se descarcă în aer?
5. Ce știți despre electricitatea atmosferică?
6. Explicați fulgerul. Explicați trăsnetul.
7. Ce mijloc de apărare avem contra trăsnetelor?
8. Ce condiție esențială trebuie să îndeplinească paratrăsnetul?



9. Comparați paratrăsnetul cu cușca metalică despre care am vorbit la electrostatică.

10. Cum se numește tensiunea la care un corp este străbătut de o descărcare electrică?

11. Vorbiți despre descărcările în tuburi rarefiate.

12. Ce aplicații practice cunoașteți?

13. Câte mijloace electrice de luminat cunoașteți?

14. Ce este luminatul prin fluorescență?

15. Avantajele și dezavantajele fiecărui mijloc de luminat.

16. Ce este lumina rece?

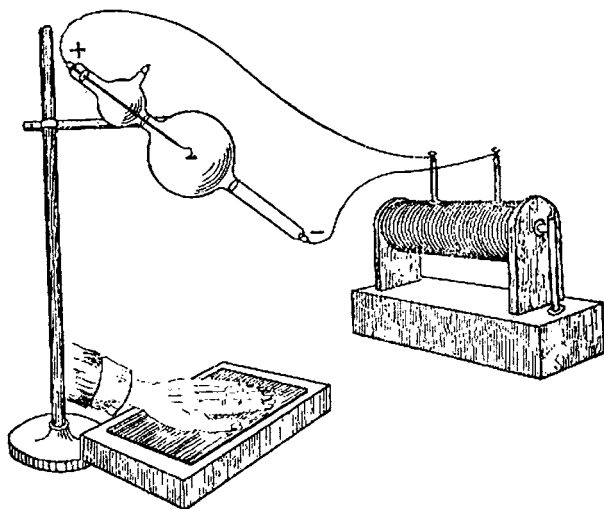


Fig. 165. — Radiografia mâinii

17. Ce se întâmplă dacă într'un tub gazul este foarte rarefiat?

18. Din ce sunt compuse razele catodice?

19. Ce proprietăți au?

20. Dar razele anodice din ce sunt compuse?

21. Ce proprietăți au?

22. Cum se produc razele X?

23. Ce proprietăți au?

24. La ce servesc?

25. Ce este radiografia? Dar radioscopia?

26. Ce este electronul? Ce mărime are? Ce încărcături electrice?

27. Ce sunt ionii?

## X. MAȘINI ELECTRICE DE CURENT ALTERNATIV

### Generatoare, transformatoare și motoare electrice

108. **Generatoare electrice de curent alternativ.** Până acum am studiat ca surse de curent electric elementele galvanice și acumulatorii.

Dar acestea nu sunt capabile să producă cantități mari de curent, iar prețul cu care se obține curentul pe această cale este scump.

Prin urmare nu poate fi vorba de a satisface marile cerințe de electricitate prin asemenea izvoare.

Am mai studiat fenomenul inducției și am constatat că și prin el se poate produce energie electrică.

Vom vedea mai departe că:

*Toate mașinile electrice sunt bazate pe fenomenul inducției.*

*Generatoarele de curent alternativ, denumite și alternatoare sunt mașinile care produc curent alternativ.*

Am văzut când am studiat curenții alternativi, că ei pot fi obținuți prin învârtirea unei sau mai multor spire într'un câmp magnetic produs de electromagneți.

Acesta este principiul pe baza căruia sunt construite alternatoarele.

În fabricarea acestor mașini, s'a constatat însă că este mai simplu să se învârtască electromagneții, iar spirele să stea pe loc.

Acest lucru nu schimbă principiul de funcționare.

Electromagneții învârtindu-se, fluxul magnetic produs de ei, adică liniile de forță, va tăia conductorii și în felul acesta, în conductori, se vor produce forțe electromotoare de inducție.

Fig. 166 a, b arată cel mai simplu alternator care se poate închipui.

Un electromagnet se învârtete în interiorul unui inel de fier. Inelul are două creștături, față în față, deci la  $180^\circ$  una de alta, și în fiecare se găsește câte un conductor.

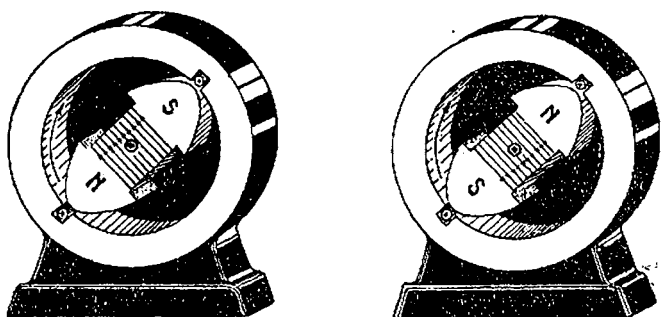


Fig. 166 a, b. — Alternator cu doi poli

În învârtirea electromagnetului, poli Nord și Sud, vor trece pe rând prin fața celor doi conductori.

Când polul Nord este în dreptul conductorului 1, se produce în el o forță electromotoare cu sensul din fig. 167; în același timp, polul Sud este în dreptul conductorului 2 și în el ia naștere o forță electromotoare care are sensul din figură, adică este opus forței electromotoare din 1.

Când, prin învârtire, polul Nord ajunge în dreptul conductorului 2, iar polul Sud în dreptul conductorului 1, sensul forței electromotoare se schimbă după cum se arată, în figură.

Trecerea de la un sens la altul al forței electromotoare în fiecare conductor se face treptat, așa cum am văzut în capitoul precedent.

Dacă unim între ele capetele din față ale celor doi conductori și capetele dindărăt între ele, obținem o spirală închisă în care cele două forțe electromotoare sunt în serie și deci se adună producând un curent alternativ, deoarece și forța electromotoare care-l produce este alternativă.

Desfacem spira și să legăm capetele ei la două cleme fixate pe inel, bornele mașinii.

La aceste borne vom putea lega orice circuit exterior și în el va circula un curent alternativ.

Iată deci că am obținut cel mai simplu generator de curent alternativ.

Vom descrie mai departe cum este construit un alternator.

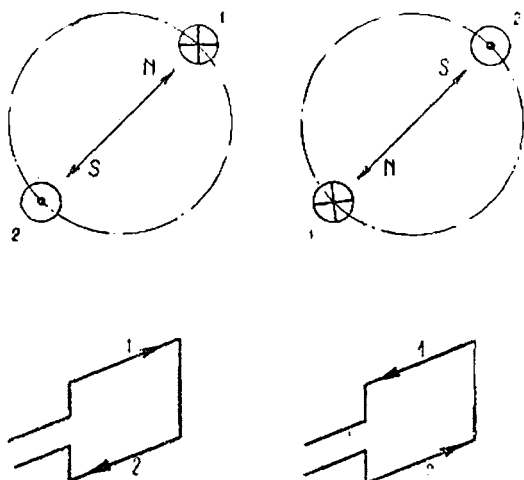


Fig. 167. -- În spira alternatorului sensul curentului se schimbă după o jumătate de rotație

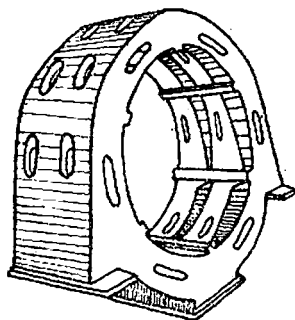


Fig. 168. — Carcasa este scheletul unei mașini

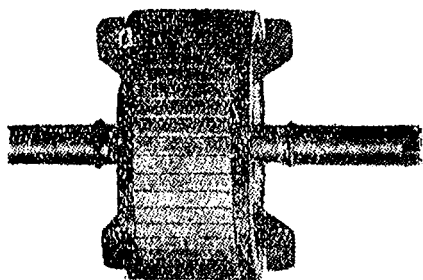


Fig. 169. — Inductorul unui alternator

dintre cele folosite în centralele electrice și care este mai complicat decât cel de mai sus.

Se compune dintr'un inel lat de fier care pe fața dinăuntru este crestat la egală distanță.

În afară, are un schelet de fontă sau de oțel, numită *carcasă*, în care este bine prins.

Carcasa este solid fixată de fundația mașinii.

În creștăturile inelului sunt introduși conductori electrici izolați, legați între ei, după anumite reguli, formând spire. Inelul poartă numele de *indus* pentru că în spirele formate din conductorii lui ia naștere curentul Indus. Se mai numește și *stator* pentru că stă pe loc.

Prin mijlocul golului inelului trece un arbore, susținut de paliere (lagăre), în care se învârteste. Pe arbore este împănată o roată pe care sunt fixați electromagneții, întotdeauna perechi, unul fiind pol Nord, iar altul pol Sud.

Roata cu electromagneții se numește *inductor* pentru că produce câmpul și liniile de forță.

Inductorul se mai numește și *rotor* din cauză că el este partea mașinii care se rotește.

Pentru a produce linii de forță electromagneți inductorului trebuie să fie alimentați cu curent continuu.

Curentul poate fi produs de o sursă separată; dar de obicei, sursa este un mic generator de curent continuu (mașină asemănătoare cu alternatorul și pe care o vom descrie mai departe) care este învârtit tot de arborele alternatorului.

Acest mic generator se numește *excitator*, iar curentul produs, *curent de excitație*.

Cum primesc electromagneții curentul, căci ei se învârtesc?

Cele două capete ale înfășurării sunt legate la două inele de metal, fixate pe arbore, și care deci se învârtesc odată cu inductorul.

Pe fiecare inel apasă câte o bucată de metal sau cărbune, numite *perii*, ținute de suporti fierși.

Curentul continuu este adus la aceste perii, prin conductori; prin inele ajunge apoi la bobinele electromagneților.

Intensitatea curentului de excitație poate fi mărită sau micșorată cu ajutorul unui reostat și în felul acesta se poate varia fluxul produs de electromagneți. Sporirea fluxului produce mărirea forței electromotoare induse, iar micșorarea fluxului produce scăderea forței electromotoare induse.

Forța electromotoare se poate calcula cu formula :

$$E = kN \Phi f,$$

în care :

$E$  este forța electromotoare produsă ;  
 $k$  este un coeficient care diferă dela un fel de mașină la altul ;  
 $N$  este numărul conductorilor așezați pe indus ;  
 $\Phi$  este fluxul produs de un pol ;  
 $f$  este frecvența curentului.

Câți electromagneți poate avea un alternator ? Doi sau mai mulți ; dar întotdeauna un număr pereche, căci pe inductor trebuie să urmeze un pol Nord apoi altul Sud, iar Nord și Sud și așa mai departe.

Am arătat că în creștăturile indusului sunt așezați conductorii care sunt legați între ei, formând spire. Mai multe spire alăturate poartă numele de *bobină*.

Bobinele sunt legate în serie, iar cele două capete sunt prinse la bornele alternatorului.

Totalitatea bobinelor se numește *înfășurarea* alternatorului.

Conductorii sunt de cupru și izolați de obicei cu fire de bumbac. Creștăturile se îmbracă și ele cu un izolanț, mai adesea carton.

Realizarea unei bune izolații are foarte mare importanță și



Fig. 170. — Indusul unui alternator

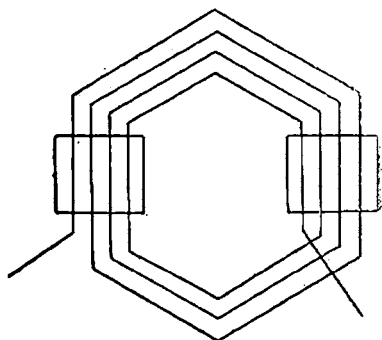


Fig. 171. — Bobină de indus

de aceea se pune mare grijă ca firele să nu ajungă în contact direct între ele sau între ele și părțile de fier ale mașinii.

Dacă alternatorul produce un singur curent, *alternator monofazat*, indusul are o singură înfășurare.

Dacă produce doi curenți, *alternator bifazat*, are două înfășurări și în sfârșit dacă produce trei curenți, *alternator trifazat*, are trei înfășurări.

Acesta este cazul cel mai obișnuit.

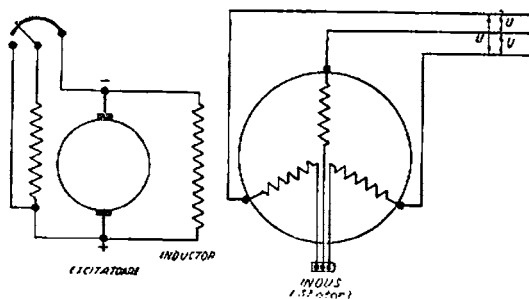


Fig. 172. — Legarea în stea a înfășurărilor unui alternator trifazat

Am arătat, la curentul trifazat, că cele trei înfășurări se leagă fie în triunghi, fie în stea și că din această cauză alterna-

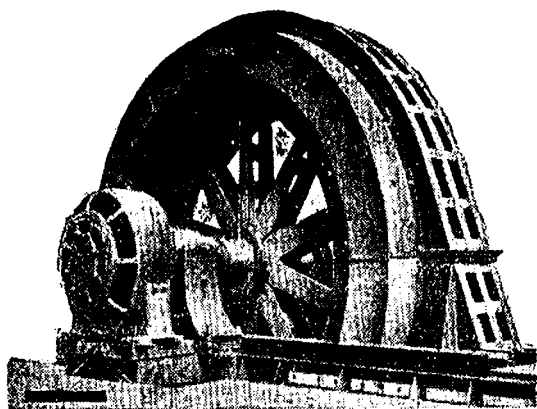


Fig. 173. — Alternator trifazat

torul are numai trei borne de la care pleacă cei trei curenți.

Și înfășurările alternatoarelor bifazați se leagă între ele, astfel că și această mașină are numai trei borne.

La producerea curentului alternativ, frecvența  $f$ , este numărul de învârtiri pe minut  $n$  și  $p$  numărul perechilor de poli sunt legați prin relația :

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

sau putem să scriem :

$$n = \frac{f \times 60}{p}$$

deoarece de obicei frecvența  $f = 50$

$$n = \frac{60 \times 50}{p} = \frac{3000}{p}.$$

Dar  $p$  poate fi 1, 2, 3, 4, și așa mai departe.

Pentru diferiți  $p$  obținem diferiți  $n$  după cum se vede mai jos :

$p$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	32	40
$n$	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	250	188	150	125	94	75

Ce rezultă ? Că un alternator nu poate fi învârtit cu orice viteză, ci numai cu o anumită viteză care depinde de numărul polilor.

Altfel frecvența nu mai este 50 perioade pe secundă.

Numărul învârtirilor pe minut ale unui alternator pentru a obține un curent de o anumită frecvență, se numește viteză de sincronism

De aceea se spune că alternatorul este un *generator sincron*.

Deci un alternator nu poate fi învârtit cu orice viteză, ci numai cu aceea care rezultă din formula de mai sus.

Arborele alternatorului este învârtit de un motor : mașină cu abur, turbină cu abur, motor Diesel, turbină cu apă sau chiar de un motor electric.

Toate acestea trebuie să se învâртеască cu viteza pentru care este construit alternatorul și mai trebuie ca această viteză să fie menținută cât se poate de constantă.

Numai în felul acesta alternatorul va funcționa bine și va da un curent de frecvență aleasă.



Dacă între bornele alternatorului se leagă din ce în ce mai multe receptoare, în derivații, el va trebui să dea un curent din ce în ce mai mare și deci și puterea produsă

$$P = UI \cos \varphi,$$

va fi din ce în ce mai mare.

În același timp însă se va constata că motorul „trage” mai greu ca și cum alternatorul s’ar înfrâna din ce în ce mai mult.

Pentru ca motorul să continue să meargă trebuie să i se

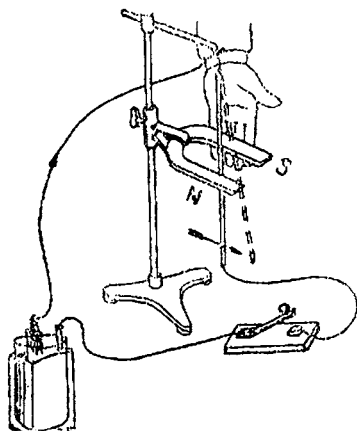


Fig. 174. — Acțiunea între un curent electric și un magnet

dea posibilitatea să desvolte o putere mai mare: deschizând mai mult robinetele de abur, dacă motorul este mașină sau turbină cu abur, deschizând mai mult robinetele de apă, dacă este turbină de apă și așa mai departe.

De unde vine această frânare a alternatorului?

În indus se produce un curent prin variația fluxului produs de inductor. Dar ne amintim că între un curent electric și un magnet aflat în apropiere se produce o forță.

Și aici se va întâmpla la fel. Se vor produce forțe între curenții induși și electromagneții inductorului care se vor opune mișcării acestuia, îl vor înfrâna.

Ca să fie învinsă această înfrânare, motorul trebuie să desvolte o putere mai mare.

Dacă nu ar fi fost frânarea s’ar fi putut produce putere și

energie electrică în cantitate foarte mare, cheltuind prin motor putere și energie mecanică foarte mică, (numai aceea necesară ca să învingă frecarea arborelui în lagărele lui). Cu alte cuvinte s'ar fi produs energie electrică din nimic sau aproape din nimic.

Constatăm însă că un asemenea lucru nu este posibil.

Deci, încă odată, verificăm că energia nu poate să apară din nimic, că pentru a produce o formă de energie (electrică) trebuie să se cheltuească altă formă de energie (mecanică).

Acesta este principiul conservării energiei care își are aici aplicarea. Să mai cercetăm un lucru: puterea utilă  $P_u$  dată de alternator este mai mică decât puterea absorbită  $P_a$ , adică primită de la motor.

*Raportul între puterea utilă dată și puterea absorbită sau primită se numește randament și se înseamnă cu  $\eta$  (litera grecească numită „eta”).*

Deci:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}.$$

Randamentul alternatoarelor variază între 0,85 și 0,96 după mărimea alternatorului.

Prin urmare un alternator dă numai 0,85—0,96 din puterea absorbită, adică numai o parte.

A dispărut restul de putere primită?

Nu, căci energia nu se distruge. Restul s'a consumat în diferite acțiuni și anume: să învingă frecarea arborelui în palieri, prin încălzirea sârmelor înfășurărilor, prin încălzirea pieselor de fier datorită curenților induși în ele, etc.

Puterea și energia cheltuită pentru aceste scopuri trebuie să le socotim *pierdute*.

Prin mai bună execuție a mașinilor și prin diferite îmbunătățiri în fabricație, se caută să se reducă pierderile cât mai mult și să se obțină alternatoare cu randament cât mai mare.

Fiecare alternator se construiește pentru o anumită tensiune maximă și pentru un curent maxim pe care-l poate produce.

De exemplu, dacă un alternator monofazat, produce un curent maxim de 100 A la 380 V puterea aparentă va fi:

$380 \times 100 = 38\,000$  VA (se citește voltamperi) sau 38 kVA (se citește kilovoltamperi).

Pentru a obține puterea reală în W sau kW, trebuie să înmulțim produsul de mai sus, adică puterea aparentă cu  $\cos \varphi$ . Acest  $\cos \varphi$  variază, cum am arătat, după felul receptoarelor, (rezistențe sau bobine) 'care sunt legate la bornele alternatoarelor.

De aceea  $\cos \varphi$  nu-l putem ști dela început. Dacă curentul electric alimentează numai lămpi,  $\cos \varphi$  ajunge 1, dacă alimentează multe motoare mici scade foarte mult la 0,6—0,7.

În cazul alternatoarelor care produc curent electric pentru orașe, s'a constatat că  $\cos \varphi$  de obicei este de aproximativ 0,8.

În exemplul de mai sus puterea reală, dată de alternator, va fi deci :

$$P = 38 \times 0,8 = 30,4 \text{ kW.}$$

Să ținem deci minte că la un alternator avem o putere aparentă și una reală. Aceasta se întâmplă de altfel cu toate mașinile de curent alternativ. Puterea corespunzătoare este *puterea aparentă a alternatorului*.

Alternatorul cel mai mare care a fost construit are o putere de 200 000 kW. În mod obișnuit alternatoarele sunt construite numai pentru următoarele tensiuni maxime, între două faze: 220 V, 380 V, 3000 V, 10 000 V și 15 000 V.

În timpul funcționării, tensiunea alternatorului trebuie să rămână cât se poate de constantă. Dacă tensiunea ar varia, lumina ar juca, iar motoarele ar merge neregulat.

Menținerea tensiunii constante se face prin variația curentului de excitație cu ajutorul unui aparat numit *regulator rapid de tensiune*.

În sfârșit, după cum am văzut, viteza unui alternator trebuie să fie și ea menținută constantă pentru a avea o frecvență constantă.

În acest scop acționează *regulatorul motorului*, care învârtește alternatorul.

Am văzut că în alternator se produc pierderi de energie electrică; acestea se transformă în căldură prin efectul Joule-Lenz ( $R I^2 t$ ). Treptat deci, cu funcționarea mașinii, se încălzește, dar totodată pierde căldura prin ventilație, etc. În felul acesta

pentru fiecare putere dată de mașină ea ajunge la o anumită temperatură.

Încălzirea unei mașini electrice are foarte mare importanță, căci dacă temperatura este prea mare, înfășurările se pot arde. De aceea puterea unei mașini este limitată de încălzirea ei.

Luorurile se întâmplă la fel și unui om. Oboseala se arată prin încălzire. Și la mașini, oboseala se arată tot prin încălzire.

În uzinele electrice mai mari, curentul alternativ este produs de două sau mai multe alternatoare legate în paralel.

Conductele din uzină la care sunt legate bornele alternatoarelor, se numesc *barele generale ale uzinii*.

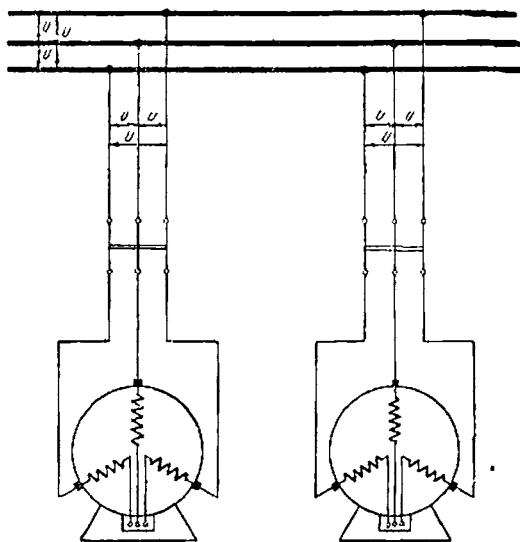


Fig. 175. — Alternatoare legate în paralel la bare

Toate datele caracteristice ale oricărei mașini electrice sunt imprimare pe o placă de metal fixată pe stator.

Această placă este actul de identitate al mașinii.

Alternatoarele sunt mașini de foarte mare importanță pentru producerea energiei electrice.

Toate centralele electrice mai mari produc curent alternativ

Curentul continuu este produs numai de centrale mici sau pentru anumite scopuri, unde este mai bun decât cel alternativ.

109. **Transformatoarele electrice.** Curentul electric poate să fie folosit în apropierea mașinilor care-l produc dar poate fi folosit și în locuri aflate la mai mare distanță, ceea ce se întâmplă în mod obișnuit.

În cazul când curentul este dus la mare distanță, prin conducte, se produc pierderi importante prin efect caloric și știm că acestea se stabilesc prin formula:

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

Avem interesul deci ca prin conducte să treacă un curent cât mai mic, căci atunci și pierderile

$$I^2 R t$$

vor fi mai mici.

Puterea dată de un alternator și care trebuie să ajungă la receptoare este dată de formula:

$$P = UI \cos \varphi.$$

Se recunoaște că, dacă vrem ca  $I$  să fie mic va rezulta  $U$  mare. Dar am arătat mai înainte că alternatoarele se construiesc pentru tensiunea maximă de 15 000 V.

Ce este de făcut? Trebuie să se instaleze în circuitul electric, după un alternator, un aparat care să ridice tensiunea și deci să reducă curentul cât este necesar.

La locul de utilizare a curentului va trebui instalat în circuit un aparat care să reducă tensiunea și deci să mărească curentul, căci aparatele pe care le folosim nu pot fi construite pentru tensiuni înalte.

Acest aparat este *transformatorul electric*.

El se bazează pe fenomenul inducției mutuale.

În experiența arătată în fig. 120 a, b, am produs în circuitul II un curent prin variația curentului în circuitul I.

În loc de a produce variația curentului în I prin închiderea și deschiderea întrerupătorului vom introduce dela început în I un curent alternativ (fig. 176).

Și în acest caz se va induce în *II* o forță electromotoare și un curent.

Curentul din bobina *I* produce un flux adică linii de forță, dar un flux variabil căci și curentul este variabil.

Liniiile de forță urmează un circuit, după cum știm dela cap. V, prin miezul de fier; foarte puțin și prin afara miezului.

Spirele bobinei *II*, care sunt înfășurate pe același miez, vor fi deci străbătute de acest flux variabil.

Urmarea: În *II* se va induce o forță electromotoare iar, dacă închidem circuitul *II*, forța electromotoare indusă va da naștere unui curent electric.

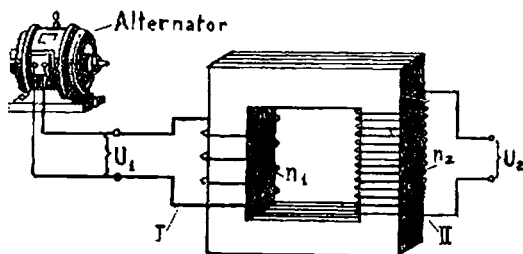


Fig. 176. — Schema unui transformator (monofazat)

#### *Raport de transformare:*

Să notăm cu:  $U_1$  tensiunea aplicată primului circuit, pe care-l vom numi primar.

$U_2$  tensiunea la bornele celui de al doilea circuit pe care-l vom numi secundar.

$n_1$  și  $n_2$  spirele circuitului primar și ale circuitului secundar.

Se constată că dacă numărul de spire al secundarului este de exemplu de 10 ori mai mare decât al primarului  $n_1$ , tensiunea secundarului  $U_2$  este și ea de 10 ori mai mare decât a primarului. Acest lucru se poate scrie simplu astfel :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} .$$

$\frac{n_2}{n_1} = K$  și îl numim raportul de transformare al transformatorului.

Prin urmare tensiunea secundarului unui transformator este față de tensiunea primarului în același raport ca numărul spirelor secundarului față de numărul spirelor primarului.  
Acesta este raportul de transformare.

Să cercetăm în ce raport stau intensitățile curenților? În cazul nostru, dacă tensiunea secundarului a devenit de zece

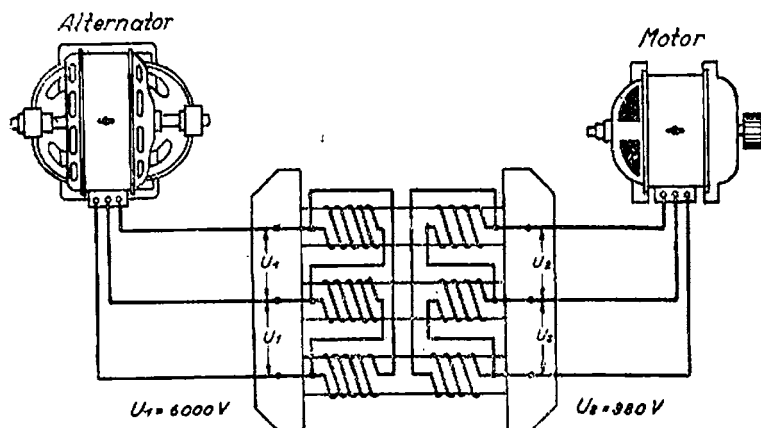


Fig. 177. — Schema unui transformator (trifazat)

ori mai mare, intensitatea secundarului  $I_2$  trebuie să fie de zece ori mai mică decât intensitatea primarului  $I_1$ .

În felul acesta produsul:

$$U_2 I_2 \text{ rămâne egal cu } U_1 I_1,$$

dar acest produs este puterea care se transmite prin transformator și care trebuie să rămână neschimbată, fie că este calculată cu tensiunea și intensitatea primarului, fie că este calculată cu tensiunea și intensitatea secundarului.

Dacă nu am avea această egalitate ar însemna sau că se creează energie din nimic (dacă  $U_2 I_2$  este mai mare decât  $U_1 I_1$ ) sau se distruge energie (dacă  $U_2 I_2$  este mai mic decât  $U_1 I_1$ ).

Niciuna din aceste presupuneri nu se pot întâmpla căci ar fi o abatere de la principiul conservării energiei.

Deci putem scrie:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1}.$$

Intensitatea curentului în primar este față de intensitatea în secundar în același raport ca tensiunea secundarului față de tensiunea primarului

În realitate  $U_2 I_2$  este puțin mai mic decât  $U_1 I_1$  deoarece și în transformator sunt unele pierderi de energie, de exemplu: prin încălzirea spirelor și miezulul de fier.

Vom descrie cum sunt construite transformatoarele întrebuințate în practică și anume aceea pentru curenți trifazați, cei mai des folosiți.

Ele sunt compuse dintr-o ramă de fier cu trei stâlpi verticali.

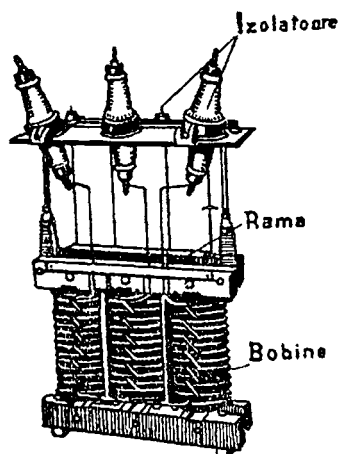


Fig. 178. — Sâmburii și înfășurările transformatorului



Fig. 179. — Bobină de transformator

Rama de fier a transformatorului este făcută din table de oțel special și anume care conține siliciu.

Pentru toate mașinile electrice se întrebuințează asemenea table silicioase.

Grosimea lor în cazul transformatoarelor este de 0,35 mm. Ele sunt izolate cu un lac sau prin lipire de hârtie. Tablele astfel preparate sunt tăiate la mărimi potrivite și așezate unele pes-

Pe fiecare din aceștia se înfășoară bobinele primare și cele secundare ale fiecărei faze.

Cele trei înfășurări (bobine) ale primarului se leagă ca și înfășurările unui alternator trifazat în stea sau în triunghi, astfel că rămân numai trei capete care constituie cele trei borne.

La fel cu secundarul.

Transformatorul astfel construit este pus într-o cutie, numită *cuvă*. Pe capacul cuvei sunt fixați șase izolatori de porțelan, prin care trece câte o vergea de cupru.

La capătul de jos al fiecărei vergele, se leagă câte un capăt al înfășurărilor; iar la capătul de sus e leagă conductorii care vin și care pleacă dela transformator.



te altele formând pachete de grosimea necesară. Pachetele se strâng bine cu chingi sau buloane.

Fabricația ramei de fier în felul acesta este necesară din cauză că prin inducție se produc curenți și în părțile mașinii.

Prin împărțirea grosimii în foi subțiri, curenții induși se reduc și deci și pierderile Joule-Lenz ( $R I^2 t$ ).

Sârma bobinajelor este de obicei de cupru (rar de aluminu), bine izolată cu fir de bumbac. Bobinele secundarului și primarului se pot face din spire suprapuse. Între bobine se pun diferiți izolanti; mai ales carton special (prespan).

Cuva transformatorului se umple cu ulei mineral special.

Ce rol are acesta? Am arătat că în transformatoare se produce o încălzire odată cu trecerea curenților prin bobinele primarului și secundarului și prin curenți de inducție prin rama de fier.

Uleiul are rolul de a le răci. El mai este și un bun izolant; în cazul când, din cauza unui defect, s'ar produce o scânteie în transformator uleiul o înăbușe.

Obținerea unei bune răciri a transformatoarelor are o mare importanță. Fiind un aparat nemișcător se răcește mai greu. De aceea, la unele transformatoare mari, trebuie mijloace speciale pentru a răci uleiul: curent de apă rece care trece prin uleiul, etc.

Un transformator, chiar dacă este mic, trebuie uneori răcit special, anume atunci când este într-o cameră închisă. Astfel este cazul cu transformatoarele care sunt așezate în camere subterane și la care primenirea aerului trebuie să se facă cu un ventilator.

Transformatoarele se construiesc pentru diferite tensiuni. Transformările mai obișnuite: 6 000/380 V; 6 000/220 V; 6 000/15 000 V; 6 000/30 000 V; 6 000/60 000 V; 6 000/110 000 V; 6 000/220 000 V; 6 000/380 000 V, etc.

*Randamentul* transformatoarelor, adică raportul între puterea dată de secundar și cea absorbită de primar:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

este foarte mare; variază după mărimea transformatorului dela 0,93 la 0,98. Unitățile mai mari au randament mai mare.

Și puterea transformatorului se exprimă prin puterea lui aparentă, dată de secundar

$$P = U_2 I_2$$

Transformatoarele sunt aparate care nu au piese mișcătoare, de aceea sunt foarte robuste. Nu cer nici o manevră, astfel că pot funcționa fără a fi continuu supravegiate.

Ele se instalează la uzine pentru a ridica tensiunea curentului care trebuie transmis.

Se așază în camere închise, dar se construiesc și transformatoare care pot sta în aer liber, adică expuse la ploii și ninsoare.

Aproape de locul de folosire a curentului se instalează coboritori de tensiune.

Ei se pun în camere subterane, în camere de zid la suprafața pământului sau, în aer liber.

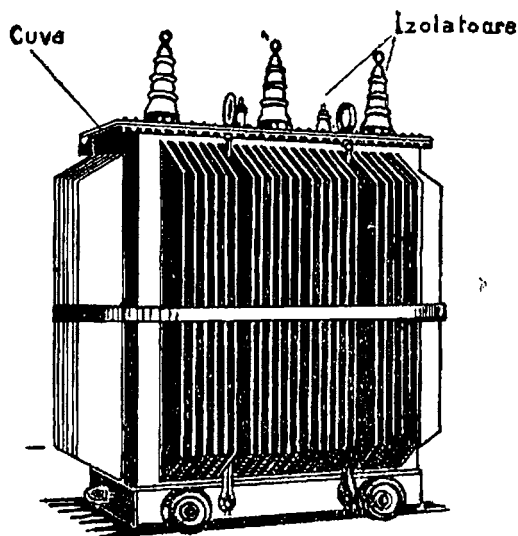


Fig. 180. — Transformator

Instalația care cuprinde transformatoarele și aparatele anexe se numește *stație de transformare*, iar dacă este mai mică se numește *post de transformare*.

Problema transformatoarelor lucrând în condiții speciale, folosite în rețelele de distribuție și alimentare a orașelor a fost studiată în U.R.S.S. de inginerul Tobin E.

Anume s'au studiat comportarea transformatoarelor și durata admisibilă lucrând în suprasarcină, plecând dela o temperatură cunoscută a uleiului și a aerului.

**110. Motoarele electrice.** Motoarele electrice sunt mașini care transformă energia electrică în energie mecanică.

Am învățat despre diferite alte motoare.

Motoarele cu ardere internă, adică motoarele cu explozie și motoarele Diesel, transformă energia combustibililor.

Motoarele cu vapor, adică mașinile cu piston și turbinele, transformă energia aburilor.

Motoarele hidraulice, adică turbinele de apă, transformă energia apelor.

Motorul electric este mai simplu și mai ușor de folosit decât oricare dintre acestea.

De aceea este foarte răspândit. Pe ce principiu se bazează?

Ne amintim de experiența dela cap. V. Am constatat atunci că un curent electric aflat într'un câmp magnetic este supus unei forțe. Dacă partea prin care circulă curentul sau partea care produce câmpul magnetic se pot învârti, forța va produce mișcarea. Pe acest fenomen se bazează toate motoarele.

Ne dăm seama că între un generator de curent și un motor nu pot să fie deosebiri de construcție ci numai în privința modului de funcționare:

Un generator primește energia mecanică a motorului și o transformă în energie electrică, iar motorul electric primește curentul adică energ'ia electrică și o transformă în lucru mecanic

Să cercetăm realizările practice.

**111. Motorul sincron.** Cunoaștem din lecțiile trecute alternatorul trifazat sincron. El poate fi foarte simplu, schimbat în motor: vom trimite un curent trifazat în stator și am realizat condițiile mai sus arătate, adică, prin înfășurările statorului trec curenți care se găsesc în vecinătatea fluxului, deci a câmpului, produs de inductoare.

Între curenți și electromagneți se nasc forțe. Deoarece conductorii sunt fixați, de stator, iar acesta prins de fundație nu se va mișca.

Se va pune însă în mișcare rotorul al cărui arbore poate învârti diferite mașini.

Pē când la alternatoare, rotorul era el învârtit, la motor el învârtește.

*Ca și alternatorul sincron, motorul sincron se învârtește numai la o anumită viteză.*

De aceea el nu poate porni singur. Trebuie să fie pornit cu alt motor sau prin alte mijloace speciale și adus la viteza de sincronism.

Atunci înfășurările statorului se leagă cu sursa de curent trifazat și motorul va funcționa. Această mașină nu este prea des întâlnită, ea are numai întrebuințări speciale.

Să nu uităm: *motorul sincron primește curent alternativ dar are nevoie și de curent continuu pentru electromagneții inductorului.*

**112. Motorul trifazat de inducție.** Motorul trifazat de inducție este cel mai răspândit motor electric.

Și el este compus dintr'un stator care este construit la fel ca un stator de alternator și un rotor, care este un cilindru cu creștături pe margine.

Pe stator este o înfășurare de bobine la fel cu acelea care le au alternatoarele sau motoarele sincrone.

Rotorul are și el o înfășurare asemănătoare.

Înfășurarea statorului se leagă la o sursă de curent trifazat.

Înfășurarea rotorului este legată în scurt-circuit adică capetele celor trei faze sunt legate între ele.

Uneori înfășurarea se compune din mai multe bare de cupru introduse în creștături și ale căror capete sunt legate la două cercuri. Această înfășurare simplă se numește: *colivie de veveriță*.

*Prin urmare, acest motor se deosebește cu totul de motorul sincron prin aceea că nu are nevoie și de o sursă de curent continuu.*

Deci este un motor de o construcție mult mai simplă.

Cum funcționează un astfel de motor?

Pe principiul *câmpului magnetic învârtitor*.

Pentru a-l explica să presupunem un magnet în formă de potcoavă care se învârtește în jurul axului.

În golul magnetului vom avea linii de forță care au direcția Nord-Sud. Dar această direcție se învârtiște căci cei doi poli se învârtesc.

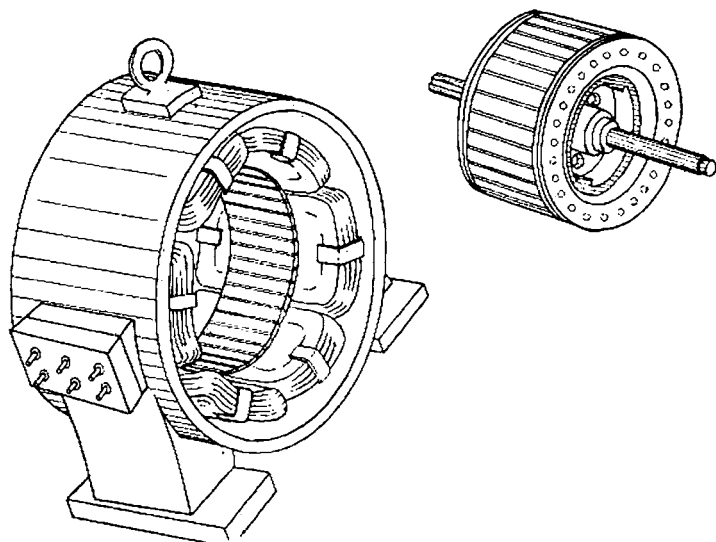


Fig. 181. — Motor asincron cu rotorul în colivie de veveriță

În acest gol să presupunem un cilindru de fier care se poate roti și pe care este de exemplu o înfășurare în colivie.

Prin rotația magnetului se va induce în înfășurarea cilindrului un curent.

Acest curent indus, conform principiului lui Lenz, are sensul astfel îndreptat că se opune cauzei care-l produce, adică rotației magnetului.

Dar magnetul nu se poate opri căci îl învârtim noi. Care va fi urmarea?

Cilindrul va fi și el învârtit în același sens cu magnetul.

Lucrurile se întâmplă la fel în cazul când, voind să oprim un vehicul în mișcare, ne-am agăța de el. În loc ca vehiculul să se oprească, vom fi târâți.

Dar motorul de inducție nu are un magnet învârtitor. Ce s'a constatat însă? Cele trei înfășurări trifazate produc linii de forță a căror direcție se rotește ca și cum ar fi un magnet învârtitor.

De aceea se spune că cei trei curenți trifazici produc un câmp învârtitor care se învârtiște cu viteza de sincronism rezultând din formula cunoscută, dar scrisă puțin schimbat:

$$n = \frac{60 f}{p}$$

Rotorul târît de acest câmp învârtitor se învârtiște în același sens cu el. Dar nu chiar cu viteza câmpului adică cu viteza de sincronism.

De aceea aceste motoare de inducție se numesc *asincrone*.

Deci între viteza câmpului învârtitor  $n_c$  și aceea a rotorului este o diferență  $n_c - n_r$ .

Raportul acestei diferențe  $n_c - n_r$  față de viteza câmpului învârtitor  $n_c$  se numește alunecare.

$$a = \frac{n_c - n_r}{n_c}$$

Când motoarele nu învârtesc nicio mașină, adică merg în gol, alunecarea este mică; când motorul învârtiște o mașină, alunecarea se mărește.

Deoarece alunecarea este mică se poate socoti că *motorul asincron merge cu viteză aproape constantă*.

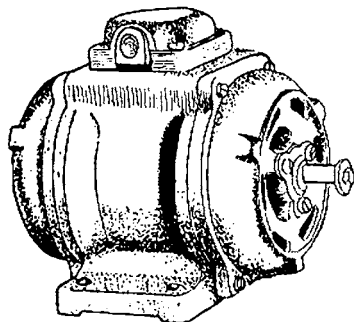


Fig. 182. — Motor asincron

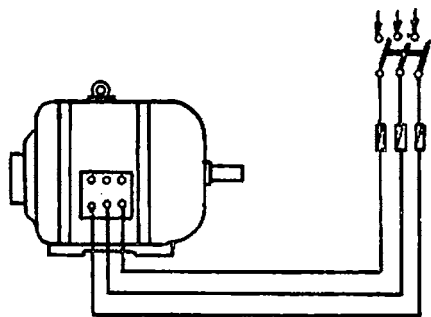


Fig. 183. — Legăturile electrice ale unui motor asincron fără inele

La pornire, un asemenea motor absoarbe, scurt timp, un curent de 5—8 ori mai mare decât curentul normal.

Acesta este un mare neajuns.

Diferite măsuri permit a se îndepărta în parte acest neajuns.

Aceste măsuri la pornire sunt reducerea tensiunii aplicate înfășurării statorului sau, reducerea curentului din înfășurarea rotorului prin introducerea unei rezistențe atâta timp cât durează pornirea.

Prima măsură se realizează cu ajutorul unui comutator special de pornire.

A doua măsură se aplică motoarelor asincrone cu inele.

La acestea, cele trei capete ale înfășurării trifazice sunt legate la trei inele; de acolo circuitul continuă prin perii la un reostat.

La pornire, reostatul este așezat în poziția celei mai mari rezistențe, apoi se închide întrerupătorul statorului și treptat, manevrând maneta reostatului, se reduce rezistența.

Direcția de învârtire a unui motor asincron se inversează dacă se schimbă între ele două faze care alimentează statorul.

Am arătat că viteza unui motor asincron este aproape constantă.

Sunt și motoare sincrone cu dispozitive pentru variația vitezei, dar construcția lor este mai complicată sau funcționarea lor mai puțin avantajoasă decât a motorului asincron obișnuit.

Randamentul unui motor este raportul între puterea mecanică pe care o dă la arbore și puterea electrică pe care o absoarbe.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}.$$

Randamentul motorului asincron variază, la plină sarcină, între 0,81 și 0,94, după mărimea motorului.

Din cauză că un motor conține bobinaje, el produce o întârziere a curentului față de tensiune. De aceea factorul de putere al unui motor este mai mic decât 1. Motoarele mai mici funcționează cu un factor de putere mai mic decât cele mari.

Uneori, dacă un alternator alimentează multe motoare mici, factorul de putere scade foarte mult.

Ce neajuns are aceasta?

Știm că puterea produsă de un alternator este:

$$P = UI \cos \varphi.$$

$\cos \varphi$  fiind mic, înseamnă că alternatorul va da o putere mică, deși  $I$  poate fi foarte mare.

Dacă  $\cos \varphi$  este mic se iau uneori măsuri de mărire, instalându-se în rețea *condensatoare*, care au proprietatea de a mări  $\cos \varphi$ .

Motorul asincron este folosit foarte mult fiind de construcție simplă și lesne de manevrat. Pornirea se face prin simpla închidere a întrerupătorului, prin care este legat la sursa de curent, și prin manevrarea dispozitivelor auxiliare despre care am vorbit (dacă ele există).

Marea întrebuințare pe care o au curenții trifazați se datorește și posibilității de a folosi asemenea motoare simple și robuste.

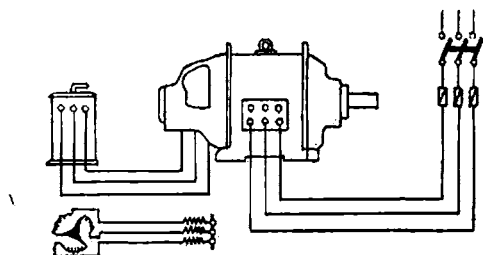


Fig. 184. — Legăturile electrice ale unui motor asincron cu inele

Se construiesc și *motoare de inducție mono fazale*. Un asemenea motor nu poate porni singur ci trebuie să fie împins până ce ajunge la viteza normală sau să fie prevăzut cu un dispozitiv special de pornire.

Asemenea motoare sunt construite numai pentru puteri mici.

**113. Generalități privind toate felurile de motoare.** Prin funcționare motoarele se încălzesc.

Încălzirea este datorită mai multor cauze: curenții care circulă prin conductele înfășurărilor produc căldură prin efectul Joule-Lenz  $RI^2$ ; curenții paraziți induși în părțile fieroase ale mașinii dau și ei căldură; în sfârșit, frecarea arborelui în lagăre este de asemenea un motiv de încălzire.

O parte din căldura astfel produsă ridică temperatura motorului, iar alta se risipește în aer.

Dacă nu s'ar risipi, temperatura motorului ar crește mereu și părțile lui care pot arde ar fi distruse, în special înfășurările cu izolația lor de bumbac în fire.



Temperatura cea mai mare pe care acestea nu trebuie să o întrecă este de  $60^{\circ}$ .

Dacă un motor este încărcat peste puterea lui normală mai mult timp, el se încălzește peste limitele normale. Deci puterea unui motor este determinată de încălzirea lui.

Se construiesc diferite tipuri de motoare după întrebuințările la care sunt destinate.

Astfel sunt motoare care pot merge încărcate la puterea lor maximă oricât timp, fără ca limita de încălzire să fie întrecută. Altele sunt construite pentru o funcționare intermitentă, adică merge câțva timp, se oprește un timp, iar pornește; astfel sunt motoarele pentru ascensoare.

În locurile unde se folosesc, motoarele pot fi expuse să fie în contact cu diferite corpuri străine care le-ar dăuna.

De aceea se fac diferite feluri de construcții de motoare *protejate*.

Construcția obișnuită se numește *deschisă*.

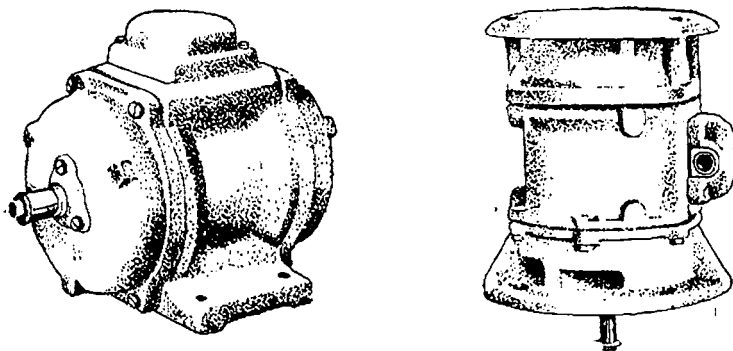


Fig. 185 a și b. — Motoare asincrone protejate

Construcțiile protejate pot apăra contra pătrunderii apei, a picăturilor de apă, a stropiturilor de apă, a prafului, a gazelor, etc.

*Ce citim pe placa unui motor?* Datele principale de construcție ale motorului care servesc pentru a ști ce destinație i se poate da sunt scrise pe placa fixată pe motor.

Ea poartă următoarele indicații: fabrica, marca motorului, tipul, tensiunea, intensitatea curentului, puterea în kW sau CP.

$\cos \varphi$ , numărul rotațiilor pe minut, tensiunea la rotor și intensitatea curentului acestuia.

○ <b>DINAMO</b>		Mot. Nr.	145279	○
Tip <input type="text"/>				
<input type="text"/>	380	V	50	A
40 CP	29.5 kW	$\cos \varphi$	0.89	
<input type="text"/>	1440	Rot/m	50	~
Rotor	<input type="text"/>	V	<input type="text"/>	A
○ <input type="text"/> ○				

Fig. 186. — Placă de motor

### Întrebări recapitulative

1. Ce surse de curent electric cunoașteți?
2. Expuneți cum se produc curenții induși.
3. Pe ce fenomene se bazează mașinile electrice?
4. Ce sunt alternatoarele?
5. Să se descrie compunerea unui alternator.
6. Ce se mișcă într'un alternator, magneții săi conductorii în care se produc curenții induși? De ce?
7. Să se explice producerea curenților alternativi.
8. Cum variază acești curenți?
9. De ce valori ale tensiunii și intensității ne folosim în calcule, știind că ele variază mereu la curentul alternativ?
10. Ce este excitatoarea? Curentul de excitații este mare?
11. De cine depinde mărimea forței electromotoare produsă de un alternator?
12. Ce este o spirală? o bobină? Dar o înfășurare?
13. Cu ce viteză se învârteste un alternator?
14. Poate fi învârtit cu alte viteze? De ce?
15. Care este formula puterii date de un alternator?
16. Puterea dată de un alternator poate fi zero, deși alternatorul are o tensiune la borne și produce un curent?
17. Prin ce mijloace este învârtit un alternator?
18. De ce absoarbe putere mai mare de la motor atunci când produce un curent mai mare?
19. Ce numim randament la un alternator?
20. De ce ne interesează randamentul alternatorului și în general al oricărei mașini?

21. De ce randamentul nu poate fi egal cu 1 sau chiar mai mare?
  22. Ce fel de pierderi se produc într'un alternator?
  23. Cum se exprimă puterea unui alternator?
  24. De ce fenomen este limitată puterea unui alternator și în general a oricărei mașini electrice?
  25. Ce se întâmplă cu o mașină dacă se încălzește prea mult?
  26. Ce fel de curent se folosește mai mult: alternativ sau continuu?
- De ce?
27. De ce avem nevoie de transformatoare electrice?
  28. Pe ce fenomen se bazează?
  29. Ce relație între tensiune și curent cunoașteți la un transformator?
  30. Ce numim raport de transformare?
  31. Descrieți un transformator.
  32. Cum se răcește un transformator?
  33. Definiți randamentul unui transformator.
  34. În general cum sunt randamentele transformatoarelor față de ale alternatoarelor de aceeași putere?
  35. Ce este un motor?
  36. Dar un motor electric?
  37. Ce fel de motoare de curent alternativ cunoașteți?
  38. Care sunt cele mai folosite? De ce?
  39. Cu ce viteză se învârtă un motor sincron, dar un motor asincron?
  40. Care sunt principalele deosebiri între motorul sincron și cel asincron?
  41. Pe ce fenomene se bazează motorul de inducție?
  42. Ce neajuns are motorul asincron?
  43. Cum se poate schimba sensul învârtirii unui motor asincron?
  44. Ce este decalajul? Ce este factorul de putere?

## XI. MAȘINILE DE CURENT CONTINUU

### Generatoarele și motoarele electrice

114. Generatorul de curent continuu. Am arătat mai înainte că mașinile electrice se bazează pe fenomenul inducției.

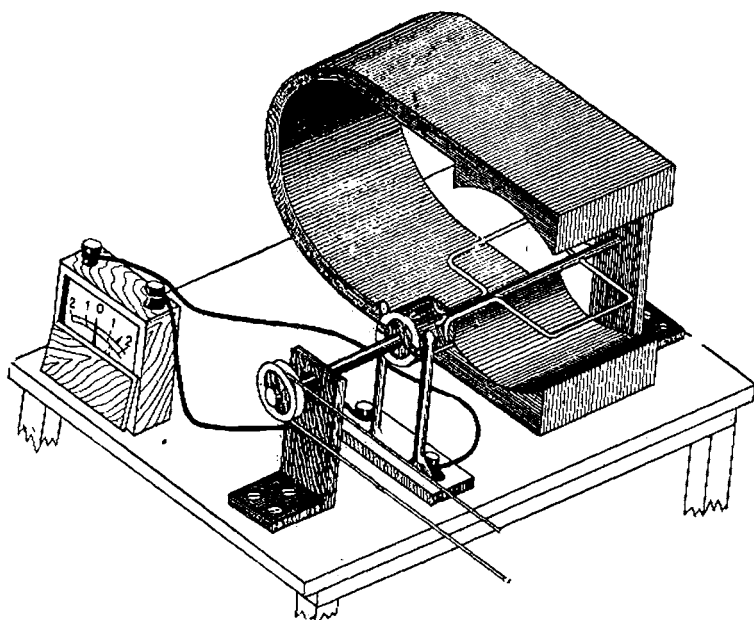


Fig. 187. — Generator de curent continuu

Dar în acest mod se produce întotdeauna un curent variabil, un curent alternativ.

Cum se poate obține o mașină de curent continuu pe baza fenomenului inducției?

Să luăm din nou mica mașină de curent alternativ arătată în fig. 126 și să-i facem o modificare și anume: în loc de a lega capetele spirei la două inele, să le legăm la un inel format din două jumătăți, separate între ele printr'un izolanț.

Două lamele de metal, pe care le numim *perii*, apasă și păstrează contactul cu inelul format din cele două jumătăți; acest inel îl numim *colector*.

Să învârtim spira și să urmărim ce se întâmplă. După cum știm, se va produce o f. e. m. și un curent indus care-și schimbă sensul în cursul unei rotații.

Cât timp spira se mișcă de la 4 la 2, sensul curentului indus în cei doi conductori este cel din fig. 188 a.

Pe durata acestei jumătăți de rotație, conductorul *A* este în legătură prin jumătatea de inel cu peria *N*, iar conductorul *B* prin cealaltă jumătate de inel cu peria *P*.

Afară din mașină, curentul va circula de la peria *P* la peria *N*, deci *P* va fi polul pozitiv, iar *N* cel negativ.

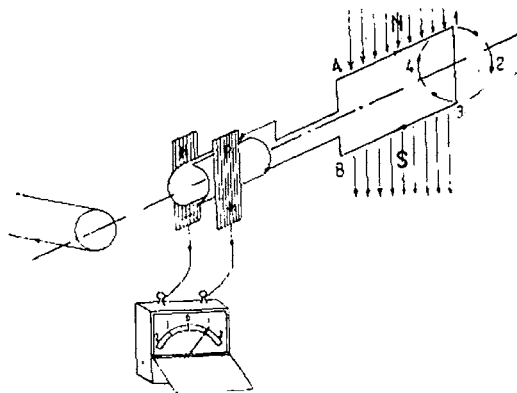


Fig. 188 a. — Cu ajutorul colectorului se obține un curent continuu

Cât timp spira se învâртеște de la 2 la 4, sensul curentului indus este inversat în cei doi conductori așa cum arată fig. 188 c:

Pe durata acestei jumătăți de rotație, conductorul *A* este în contact cu peria *P*, iar conductorul *B* cu peria *N*.

Afară din mașină, curentul va circula tot de la peria  $P$  spre peria  $N$ , deci și de data aceasta  $P$  este polul pozitiv, iar  $N$  cel negativ.

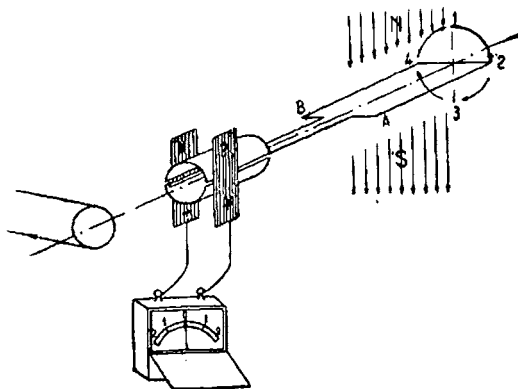


Fig. 188 b. —

Iată că prin ajutorul colectoarei am obținut în circuitul exterior al mașinii un curent *în același sens*, deși în conductorii  $A$

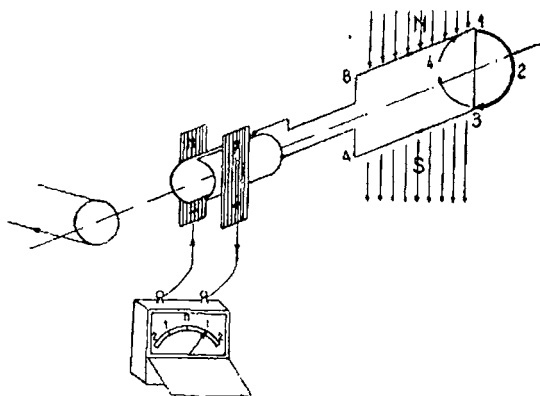


Fig. 188 c. —

și  $B$  sensul curentului se schimbă în timpul unei rotații a spirei. Dar știm că, în cursul unei rotații, f. e. m. și deci și curentul

indus este *variabil și ca mărime nu numai ca sens*: când conductorii sunt în pozițiile 2 și 4 curentul este 0, crește apoi treptat și ajunge maxim când conductorii se află în 1 și 3. Variația

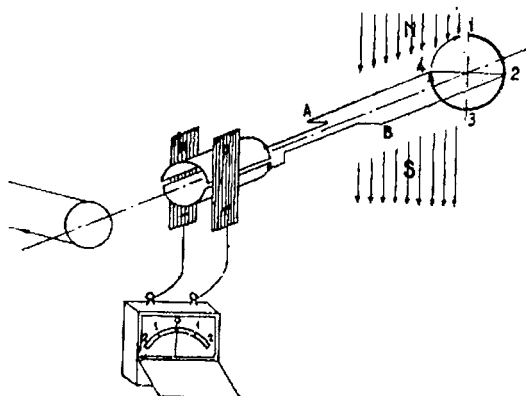


Fig. 188 d. —

este o sinusoidă. La generatorul alternativ, în circuitul exterior, curentul variază după cum se arată în diagramă.

La mașina de curent continuu, în circuitul exterior, curentul obținut are forma arătată în fig. 190.

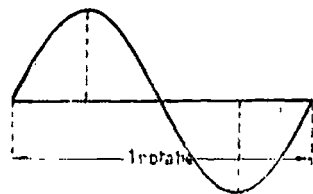


Fig. 189. — Curentul alternativ produs de un alternator

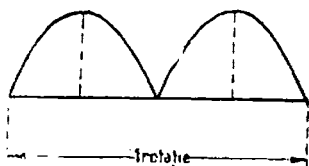


Fig. 190. — Curentul continuu produs de un generator de curent continuu

Lucrul acesta se înțelege lesne: prin introducerea colectorului nu am schimbat modul de variație al curentului ci numai sensul în care circulă.

Deci, nu rezultă un curent chiar continuu, adică uniform,

asa cum îl dă un element galvanic sau un acumulator ci este un curent care pulsează, adică crește, scade, trece prin zero, crește din nou, etc., dar *mereu în același sens*. Numim un astfel de curent : *curent pulsator* sau *curent redresat*.

Să ținem minte, prin urmare, că în mașina de curent continuu se produce un curent alternativ și că numai înafară se obține un curent continuu, datorită colectorului

Când spira se găsește în direcția 2—4, i.e.m indusă este 0. Această direcție se numește *linie neutră*.

Periile de colectare a curentului fac contact, cu colectorul, pe linia neutră.

În felul acesta, în clipa trecerii periilor de pe o jumătate a inelului pe cealaltă jumătate, nu este niciun curent în spiră, căci ea este în poziția neutră 4—2.

Dacă ar fi un curent la această trecere, spira ar fi legată în scurt-circuit prin lamele și perii și s'ar arde.

Să examinăm mai departe cum sunt realizate în practică generatoarele de curent continuu.

Ca și la alternator, trebuie să avem și aci o parte care produce fluxul magnetic (liniile de forță), *inductorul* și o parte în care ia naștere curentul indus, *indusul*. În plus vom avea *colectorul*.

Spre deosebire de alternator, la mașinile de curent continuu *inductorul este stator*, iar *indusul este rotor*.

Statorul este un cadru sau un inel de fier în interiorul căruia sunt fixați electromagneții, iar rotorul poate fi un inel sau un cilindru (sau tambur).

La primele mașini de curent continuu care s'au construit rotorul era un inel de fier.

Să cercetăm acest mod de construcție: înfășurăm două bobine de câteva spire pe un asemenea inel, așa cum se vede în fig. 191.

Prin învârtirea rotorului se produc în aceste spire f. e. m. de inducție, iar în circuitul exterior, cu ajutorul colectorului, un curent continuu.

Folosind lucrurile pe care le știm dela cazul mașinii cu o singură spiră, ne vom putea explica lesne funcționarea.

Cât timp bobina *a* se mișcă dela 4 la 2 curentul în ea are



sensul din fig. 191, iar în mișcarea dela 2 la 4 are un sens invers.

În circuitul exterior însă curentul va fi întotdeauna dela  $P$  la  $N$ .

Observăm că cele două bobine formează două ramuri ale unui circuit electric, iar în fiecare ramură este câte o f. e. m.

Dacă circuitul exterior, dela peria  $P$  la peria  $N$ , nu este închis, cele două forțe electromotoare, produse în cele două bobine, egale și de sens opus, se anulează.

Dacă se închide circuitul exterior, f. e. m. va fi în paralel și va lua naștere un curent produs de ambele f. e. m.

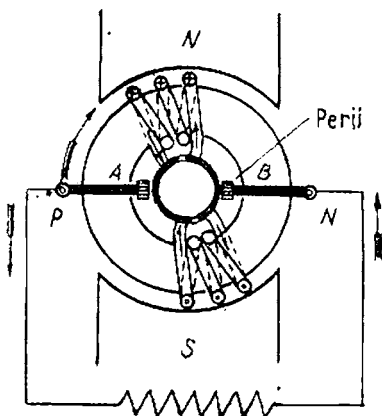


Fig. 191. — Generator de curent continuu cu rotorul înel

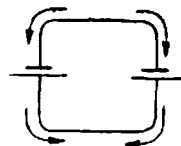


Fig. 192. — Forțele electromotoare opuse

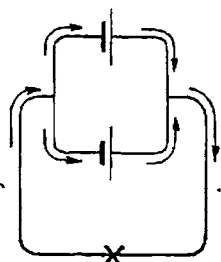


Fig. 193. — Forțele electromotoare în paralel

Să mai înfășurăm două bobine pe inelul rotor și să le așezăm pe o direcție perpendiculară față de primele; colectorul să fie făcut acum din patru sferturi de inel.

Ce observăm? Și acum vom avea două ramuri de curent; în fiecare ramură însă sunt câte două f. e. m. în serie, căci sunt câte două bobine.

În fiecare ramură sunt totdeauna două bobine care se află aproximativ în zona aceluiași pol.

Dar forțele electromotoare din cele două bobine sunt decalate cu  $90^\circ$ .

Liniiile *I* și *II* arată aceste f. e. m., iar linia *III* suma lor în fiecare moment.

Se constată imediat că de astă dată variațiile f. e. m. și deci și ale curentului, sunt cu mult mai mici.

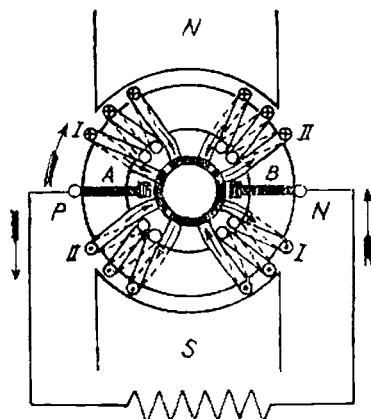


Fig. 194. — Generator cu patru bobine

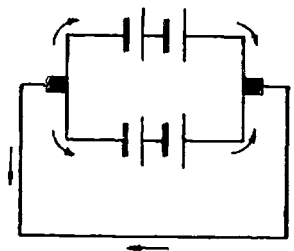


Fig. 195. — Forțele electromotoare ale generatorului cu patru bobine

Se înțelege că dacă vom îndesi numărul bobinelor, vom obține un curent continuu aproape uniform, deci cu pulsații foarte mici.

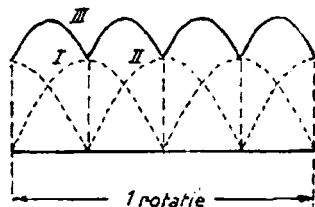


Fig. 196. — Forțele electromotoare ale generatorului cu două bobine decalate cu  $90^\circ$

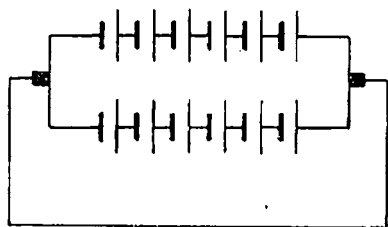


Fig. 197. — Forțele electromotoare ale unui generator de curent continuu

Firește că și colectorul va trebui să fie format din atâtea fragmente sau lamele, câte bobine sunt.

În acest caz f. e. m. pot fi reprezentate cum se arată în fig. 197.

Un generator realizat în astfel de condiții se vede în fig. 198.

Examinând mai de aproape o asemenea mașină, se observă că la producerea curentului electric iau parte numai porțiunile din bobine aflate spre exterior, deoarece numai acelea taie li-

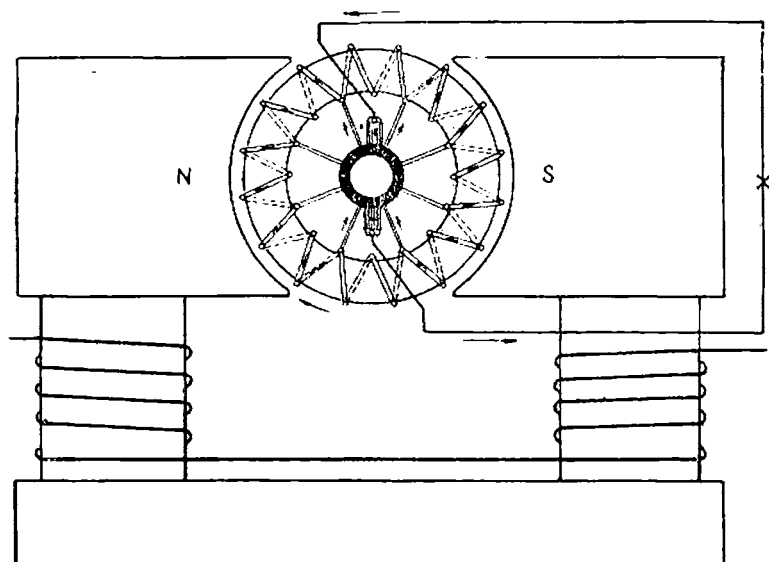


Fig. 198. — Generator de curent continuu cu indus inel

niile de forță. De aceea, s'a părăsit construcția indusului în formă de inel și s'a trecut la execuția indusului în formă de tobă sau cilindru, cu creștături pe margini, în care sunt introduși conductorii.

Un conductor de sub polul Nord este legat cu un conductor opus, de sub polul Sud, obținându-se astfel o spirală. Ea este legată la două lamele de colector alăturate.

Plecând deci de la un conductor, circuitul parcurge al doilea conductor opus, trece apoi pe o lamelă a colectorului, de la aceasta începe altă spirală, iarăși se trece printr'un conductor, prin al doilea opus, printr'o lamelă așezată lângă cea de mai înainte

și așa mai departe, până ce ajungem iarăși la conductorul dela care am plecat.

*Înfășurarea indusului unui motor de curent continuu este deci o înfășurare închisă, spre deosebire de aceea a mașinilor de curent alternativ, care este o înfășurare deschisă.*

Mai observăm că la fiecare spiră corespunde o lamelă de colector.

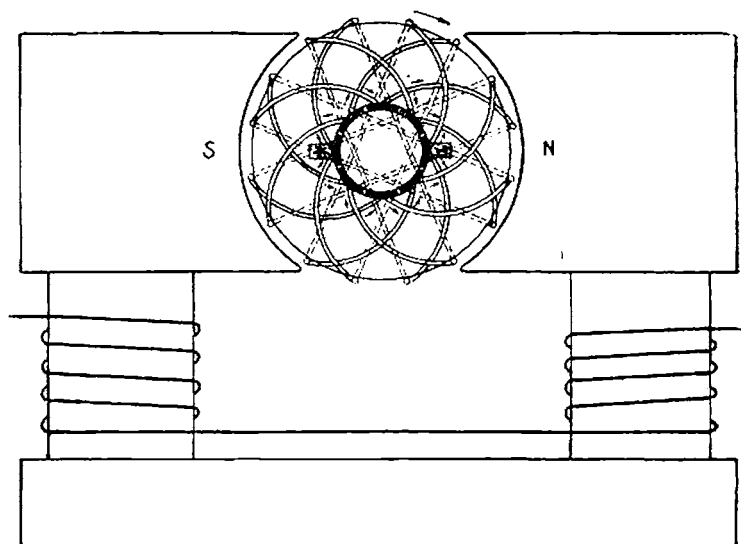


Fig. 199. — Generator de curent continuu cu indus în tobă

Colectarea curentului trebuie să se facă și în acest caz din *linia neutră*, adică perile trebuie să atingă lamelele care leagă spirele prin care nu trece curent.

*Mașinile mari au un număr mai mare de poli.* Am văzut că într-o mașină cu o pereche de poli (N. și S) curentul într-o spirală alternează odată la o rotație; într-o mașină cu mai multe perechi de poli, curentul, la o rotație a spirei, va alterna de atâtea ori câte perechi de poli sunt. Ori de câte ori un conductor (adică o latură a spirei) va trece prin fața unui pol, în el se va produce o forță electromotoare.

Forța electromotoare produsă de un generator de curent electric continuu se poate calcula cu formula:

$$E = KNnp \Phi,$$

în care :

- $E$  este forța electromotoare produsă ;
- $K$  este un coeficient ;
- $N$  este numărul conductorilor așezați pe indus ;
- $\Phi$  este fluxul produs de un pol ;
- $n$  este numărul rotațiilor indusului pe minut ;
- $2p$  este numărul polilor.

**115. Construcția generatorului de curent continuu.** Statorul este din fontă sau mai bine din oțel turnat. Are formă dreptunghiulară (uneori pentru mașinile cu doi poli), dar mai adesea este rotund.

Pe el sunt fixați sămburii (miezul) electromagneților care se termină prin câte o talpă, numită *piesă polară*. Pe miez sunt înfășurate bobinele inductorului. Rotorul este compus dintr'o bucușă (sau butuc) pe care este fixat miezul indusului.

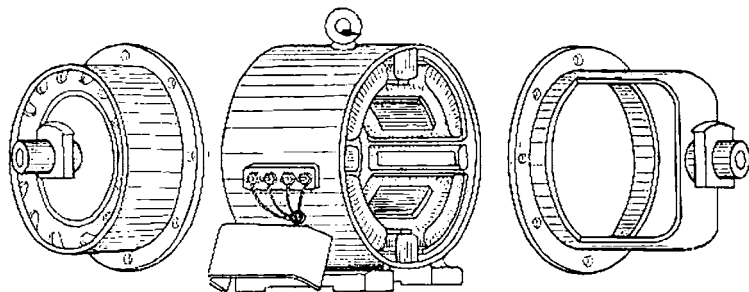


Fig. 200. — Generator de curent continuu. Statorul

Fluxul magnetic al inductorului induce curenți nu numai în înfășurarea indusului, dar și în însuși corpul de fier. Acești curenți produc o încălzire a fierului, prin efectul Joule-Lenz. Pentru a micșora acest efect, miezul indusului nu se face dintr'o bucată, ci din table de fier suprapuse și izolate cu hârtie sau cu lac. Grosimea tablelor este de obicei de 0,5 mm. Tablele sunt mai întâi crestate pe margini și apoi fixate pe butuc, unele peste altele, formând un pachet cilindric.

Fixarea se face cu buloane și flanșe.

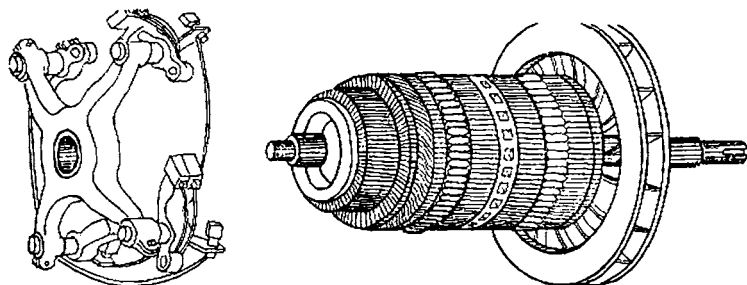


Fig. 201. — Generator de curent continuu. Rotorul, port-periile și periile

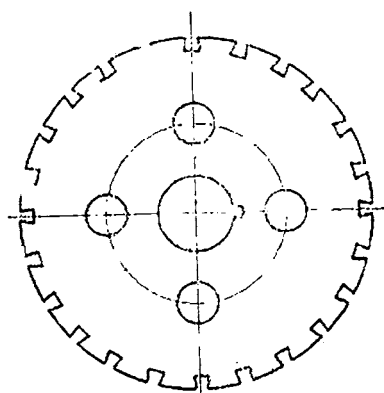


Fig. 202. — Tablă de indus crestată

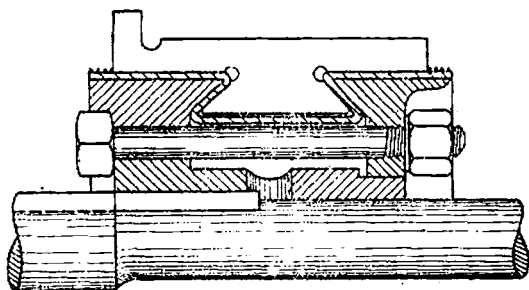


Fig. 203 — Lamelă de colector

Tabla pentru indus este de fabricație specială, de oțel cu conținut de siliciu.

Colectorul este făcut dintr'un număr de lamele de cupru electrolitic, egal cu numărul bobinelor. Lamelele sunt separate între ele cu izolație de 1 mm grosime de mică. Ele sunt fixate pe un butuc și ținute pe loc cu o flanșă de strângere.

De obicei, lamelele au o mică prelungire în spre rotor, la care se face legătura cu bobinele înfășurării indusului.

Periile pentru colectarea curentului sunt, de obicei, din cărbune grafitat. Ele sunt prinse de niște susținători, purtători de perii, iar printr'un arc sunt apăsate pe colector.

**Excitația inductorului.** Am aflat cum funcționează generatorul de curent continuu. De unde primește însă inductorul curentul continuu de excitație?

Am văzut că inductorul alternatoarelor primește curentul dela o sursă străină.

Și generatorul de curent continuu poate primi curent dela o sursă străină, de exemplu dela o baterie de acumulate.

O asemenea mașină este denumită „cu excitație separată”; grafic se reprezintă după cum se vede în fig. 204.

$P$  și  $N$  reprezintă bornele indusului,  $I$  reprezintă înfășurarea inductorului,  $R$  este un reostat. Rolul acestuia este de a varia curentul de excitație; în consecință va varia și fluxul produs și, deci, și forța electromotoare a generatorului (vă amintiți că  $E = KNp\Phi$ ).

În poziția  $A$  a manetei reostatului, rezistența este 0 (zero) și deci curentul este maxim, iar în poziția  $B$ , rezistența este maximă și deci curentul minim.

Figura mai arată un contact  $C$ . La oprirea mașinii, maneta este pusă pe acest contact și în felul acesta înfășurarea inductorului este în scurt-circuit. De ce? La întreruperea curentului se produce o forță electromotoare de autoinducție care este destul de mare și deci poate fi periculoasă pentru izolația înfășurării.

Circuitul fiind însă închis se va produce un curent de scurtă durată, fără efecte vătămătoare.

Reostatul descris se numește *reostat de câmp*.

Dar, cele mai multe ori, mașinile de curent continuu se folosesc de propriul lor curent pentru excitație. Acestea sunt mașini cu *autoexcitație*. Ele se bazează pe următorul fenomen:

Un inductor care a fost magnetizat păstrează încă un rest de magnetism, denumit *magnetism remanent*. Pornind mașina, acest magnetism va produce o forță electromotoare de inducție. Dacă se leagă indusul cu inductorul, prin acesta va trece un curent care mărește fluxul inductorului, va rezulta în indus o forță electromotoare mai mare și așa mai departe până se ajunge la excitația normală.

Legătura între înfășurarea indusului și a inductorului se poate face în *paralel* sau *derivație* și *în serie*.

**116. Generator cu excitația în derivație (paralel).** În acest caz prin inductor trece o parte  $I_m$  din curentul indusului  $I_t$ . Diferența între ele,  $I_e$ , este curentul care pleacă în exterior pentru a alimenta receptoarele de curent. (fig. 205).

$$I_t = I_m + I_e.$$

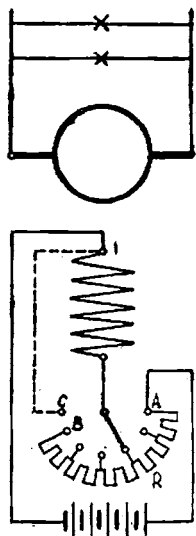


Fig. 204. — Schema generatorului cu excitație separată

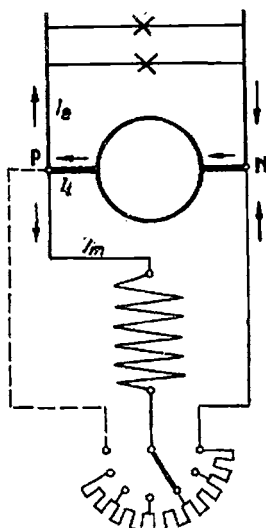


Fig. 205. — Schema generatorului cu excitație în paralel

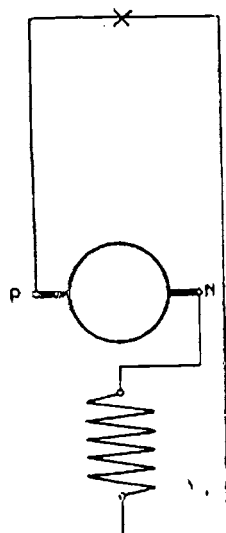


Fig. 206. — Schema generatorului cu excitație în serie

Desigur, este bine ca  $I_m$  să fie cât mai mic și de aceea bobina inductorului este subțire și cu spire multe.

În orice generator electric se produce în înfășurarea indu-



sului o cădere de tensiune egală cu  $RI_p$ , în care  $R$  este rezistența înfășurării, iar  $I_p$  este curentul care trece prin ea. Cu cât curentul crește, cu atât mai mare este căderea de tensiune. Ce efect are ea? Tensiunea la bornele mașinii este egală cu forța electromotoare mai puțin căderea de tensiune, adică:

$$U = E - RI_p$$

Prin urmare, cu cât curentul produs de mașină este mai mare, cu atât tensiunea la bornele generatorului devine mai mică. Din cauză că tensiunea se micșorează, scade și curentul de excitație, ceea ce are de urmare micșorarea f. e. m. Iată încă un motiv de scădere a tensiunii. Dar acesta este un mare neajuns, deoarece toate aparatele receptoare de curent sunt construite pentru o tensiune constantă. De aceea este necesar ca, pe măsură ce curentul  $I_p$  crește, să se mărească și forța electromotoare, pentru ca  $U$  să fie menținut constant. În acest scop, cu ajutorul restatului de câmp, se micșorează rezistența inductorului, deci curentul de excitație va crește, și în consecință va crește și forța electromotoare indusă. Prin urmare, tensiunea va putea fi menținută constantă, chiar dacă curentul produs crește.

Generatorul cu excitație în derivație este mașina de curent continuu cea mai folosită, deoarece tensiunea la bornele ei poate fi menținută constantă cu ușurință și pentru că, întreaga funcționare este foarte simplă.

**117. Generatorul cu excitație în serie.** La acesta, înfășurarea indusului și a inductorului sunt legate în serie, deci ele sunt străbătute de același curent. Sârma inductorului va trebui să fie corespunzător de groasă (fig. 206).

În cazul acestei mașini, la creșterea curentului produs de indus se produce în mod automat o creștere a forței electromotoare, căci curentul de excitație este chiar curentul produs de indus. Efectul este o creștere a tensiunii la borne pe măsura creșterii curentului.

Din cauza aceasta generatorul serie nu poate fi utilizat în mod obișnuit.

**118. Generator cu excitație compound sau mixtă.** Un asemenea generator are pe poli două înfășurări. Prin una trece curentul indusului, deci este în serie cu acesta, iar cealaltă este în derivație la bornele mașinii.

Efectele celor două excitații sunt următoarele: pe măsură ce curentul crește, tensiunea la bornele mașinii scade și deci, scade și curentul de excitație din derivație. În același timp însă crește curentul excitației serie. Cele două efecte se compensează și rezultatul este funcționarea mașinii cu tensiune constantă. Uneori, înfășurarea serie este astfel dimensio-

nată ca efectul ei să fie mai mare decât al excitației în derivație și consecința este o mărire a tensiunii. O asemenea mașină se numește *supra compoundată*.

*Poli auxiliari.* La unele mașini de curent continuu se văd între poli inductori alții mai mici, numiți auxiliari. Ei au rolul de a îmbunătăți funcționarea mașinii.

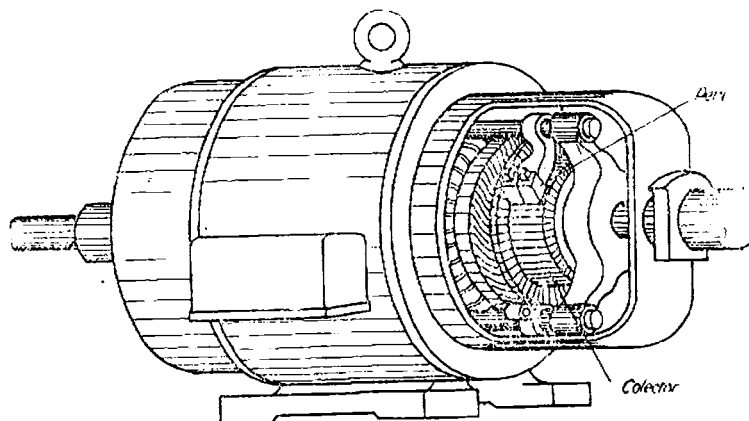


Fig. 207. — Generator de curent continuu montat

**119. Tensiunea generatoarelor.** Sunt construite de obicei pentru următoarele tensiuni: 115, 230, 460 de volți. Se construiesc și generatoare pentru tensiuni mai mari, până la 3000 la 4000 V, pentru a alimenta locomotive electrice. Tramvatele și troleibusele sunt de obicei alimentate la 550 V, uneori însă și la tensiuni mai mari, de exemplu 800 V.

**120. Viteza generatoarelor.** Numărul de rotații poate fi ales după voie; cu cât însă este mai mare cu atât mașina este mai ușoară și mai ieftină.

Firește însă că acest număr de rotații este determinat de numărul de rotații al motorului de care dispunem.

Transmiterea mișcării dela motor la generator se poate face prin *cuplaj direct*, adică arborii sunt legați cap la cap sau prin *curea*.

*În cazul cuplajului direct* generatorul va fi de tip *încet* dacă motorul este Diesel, mașină de abur cu piston sau turbină de apă, întru cât acestea au în general viteză mică.

Dimpotrivă, generatorul va fi de tip *repede* dacă motorul este o turbină de abur a cărei viteză este foarte mare, de exemplu 3000 rotații pe minut.

*În cazul cuplajului prin curea, generatorul va fi de obicei o mașină cu viteză mijlocie.*

*Să ținem minte însă că un generator de curent continuu nu trebuie să se învârtască numai cu anumite viteze, așa cum se întâmplă cu alternatoarele.*

**121. Randamentul generatoarelor.** Generatoarele electrice transformă lucrul mecanic (energia mecanică) dată de motor în energie electrică.

După cum am constatat și la mașinile de curent alternativ, o parte din energia primită se consumă în căldura produsă prin efectul Joule-Lenz în conductori, în piesele de fier, prin frecarea în lagăre, la perii, etc.

Randamentul generatoarelor de curent continuu, adică raportul între puterea dată (utilă) și cea absorbită (primită),

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

variază între 0,75 și 0,93 după mărimea mașinii și poate ajunge la 0,95, la mașinile mari.

**122. Generatoare în paralel.** Ca și generatoarele de curent alternativ, deseori, mai multe generatoare de curent continuu sunt legate în paralel la barele generale ale unei centrale.

*Întrebuințarea generatoarelor de curent continuu.* După cum am mai arătat, curentul continuu este întrebuințat mult mai puțin decât cel alternativ, deoarece el nu poate fi transformat lesne prin ridicarea sau coborîrea tensiunii. Totuși, el are alte mari avantaje. Între tensiune și curent nu este decalaj și deci puterea nu depinde de  $\cos \varphi$  cum se întâmplă la curentul alternativ.

Un alternator pentru a da aceeași putere ca și un generator de curent continuu, la aceeași tensiune, trebuie să producă un curent mai mare.

Pentru curentul continuu  $I_c = \frac{P}{U}$ , pe când curentul alternativ  $I_a = \frac{P}{U \cos \varphi}$ ,  $\cos \varphi$  fiind, în general, mai mic ca 1,  $I_a > I_c$ .

Alt avantaj al curentului continuu este posibilitatea de a folosi acumulatori.

În sfârșit, mai notăm că, pentru anumite întrebări, curentul continuu are mari avantaje față de curentul alternativ, în special la tracțiunea electrică.

**123. Motoare de curent continuu.** Dacă un generator de curent continuu primește curent, se va pune în mișcare producând energie mecanică.

Funcționarea se bazează pe acțiunea între câmpul magnetic și curent. Să examinăm mai în amănunt această acțiune:

Fig. 208 reprezintă un generator electric care primește curent de la o sursă străină, prin perii și colector.

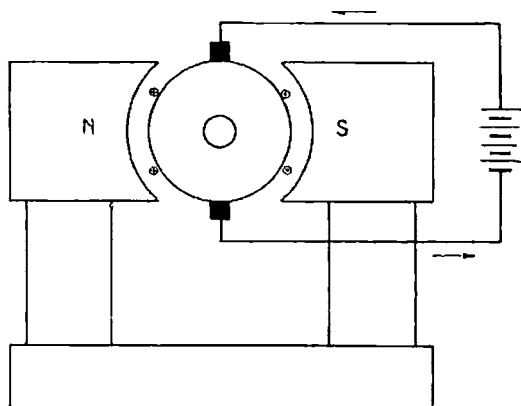


Fig. 208. — Principiul de funcționare al motorului

Acest curent se împarte în două ramuri paralele. Observăm că în toți conductorii care sunt în zona polului Nord curentul va circula într'un sens; în cazul nostru, din față spre hârtie; iar în conductorii din zona polului Sud, curentul va circula în sens invers, adică din hârtie spre noi.

Dacă ne amintim cele spuse la generator, vom vedea că nu se poate altfel.

Ce se întâmplă mai departe? Conductorii fiind într'un câmp magnetic sunt supuși unor forțe (experiența din fig. 104). Direcția lor ne este dată de regula mânei stângi. Rotorul se va învârti spre stânga, deci în sens invers decât se învârtesc generatorul.

Trebue să mai observăm însă un fapt; rotorul învârtindu-se

într'un câmp magnetic, în conductori vor lua naștere f. e. m. de inducție, al căror sens se stabilește prin regula mânei drepte. Să o aplicăm în cazul nostru. Constatăm că în conductorii de sub polul Nord sensul este dela hârtie spre noi, iar în conductorii de sub polul Sud, dela noi spre hârtie.

Aceste sensuri sunt contrarii curenților primiți de motor. De aceea forțele electromotoare născute se numesc *forțe contra-electromotoare* (prescurtat f. c. e. m.).

Care este urmarea? La perii se aplică tensiunea  $U$  căreia i se opune f. c. e. m.,  $E$ . Rezistența înfășurărilor indusului este  $R_l$ . Curentul care trece prin indus rezultă:

$$I_l = \frac{U - E}{R_l}.$$

Dacă nu ar fi această forță contraelectromotoare curentul în indus ar fi atât de mare încât s'ar arde înfășurarea.

La pornirea unui motor, însă, f.c.e.m. este nulă, căci mașina stă pe loc și deci :

$$I_l = \frac{U}{R_l}.$$

Cum se evită arderea motorului? Se reduce curentul primit prin ajutorul unei rezistențe variabile care se introduce în circuit și care se numește *reostat* sau *rezistența de pornire*. Treptat, prin mișcarea manetei, rezistența este micșorată și la urmă scoasă din circuit.

Aceste rezistențe nu sunt construite să suporte mult timp un curent puternic și, de aceea, *nu trebuie să se uite maneta pe un contact intermediar căci se arde*.

124. *Viteza motoarelor.* Viteza motoarelor este cu atât mai mare cu cât curentul de excitație este mai mic. Aceasta se poate lesne dovedi. Am arătat că :

$$I_l = \frac{U - E}{R_l}$$

dar putem scrie această relație și în felul acesta :

$$E = U - R_l I_l;$$

dar  $R_l I_l$  este mic și nu facem mare greșală dacă îl neglijăm. Ne rămâne

$E = U$ : dar

$$E = KNnp\Phi, \text{ deci } KNnp\Phi = U, \text{ sau } n = \frac{U}{KNp\Phi}.$$

Tensiunea  $U$  ce se aplică unui motor este constantă, numărul de poli  $2p$  nu se poate schimba și nici  $N$  numărul conductorilor. .

$\Phi$  se poate schimba dacă se mărește sau se micșorează curentul de excitație. Ce observăm? Dacă  $\Phi$  crește, adică dacă se mărește curentul de excitație  $n$ , numărul rotațiilor pe minut scade; dacă  $\Phi$  descrește, adică dacă se micșorează curentul de excitație,  $n$  crește.

Acesta este un rezultat important căci am găsit mijlocul de a varia viteza motorului.

Amintiți-vă că la motoarele de curent alternativ nu putem schimba viteza.

Prin urmare, motoarele de curent continuu au un mare avantaj, acela de a li se potrivește viteza, după nevoie.

**125. Excitația motoarelor.** Și motoarele ca și generatoarele au o excitație *separată* sau *proprie* (în derivație, serie sau mixta).

Cele mai întrebuințate sunt motoarele cu *excitație în derivație*. Ele se caracterizează prin aceea că viteza rămâne aproape constantă la orice putere pe care o dă motorul și chiar dacă motorul nu produce lucru mecanic, adică merge în gol.

Vreți să știți de ce? Dacă privim figura vom observa că:  $A$  și  $B$  sunt bornele de primire ale curentului, cercul reprezintă indusul, iar bobina  $GH$  este inductorul.  $I_m$ , intensitatea curentului de excitație, rezultă după legea lui Ohm din:

$$I_m = \frac{U}{R_m}.$$

$R_m$  este rezistența inductorului.  $U$  și  $R_m$  fiind constante  $I_m$  este și el constant. Prin urmare  $n$ , numărul rotațiilor, va fi și el constant după cum rezultă din formula mai înainte arătată.

Am arătat că un motor trebuie să aibă un *reostat de pornire*  $R_p$ . Pentru motorul cu excitație în derivație, reostatul se montează așa cum arată fig. 209.

În poziția  $C$ , rezistența este maximă și deci curentul primit de motor este cel mai mic; aceasta este poziția de pornire. Dacă se învârtă maneta  $M$ , rezistența scade treptat, iar în poziția  $D$ , ea este zero; aceasta este poziția reostatului în timpul funcționării motorului.

Figura mai arată un reostat  $R_c$ , *reostatul de câmp*. El servește pentru a varia viteza motorului.

Mișcând maneta acestui reostat dela  $E$  la  $F$ , rezistența crește, iar intensitatea curentului de excitație va scădea. După cele ce știm, viteza motorului va crește.

Motoarele se construiesc în așa fel ca să se poată spori viteza cu cel mult 20% peste viteza lor normală.

Observăm că prin introducerea rezistenței în circuitul inductorului vom avea o pierdere de energie prin efect Joule-Lenz  $R_m I_m^2$ , dar curentul de excitație al unui motor în derivație este mic și, deci, această pierdere nu este nici ea prea mare.

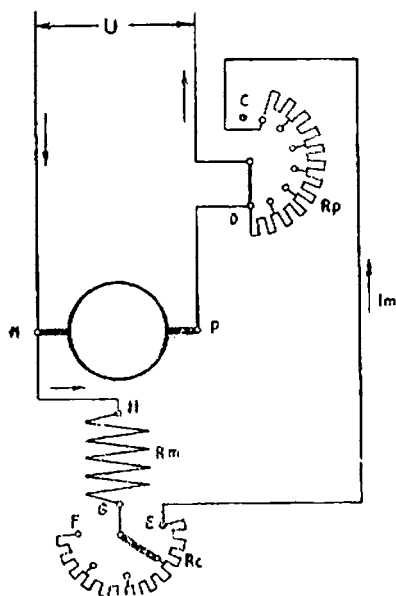


Fig. 209. — Schema motorului cu excitație în derivație

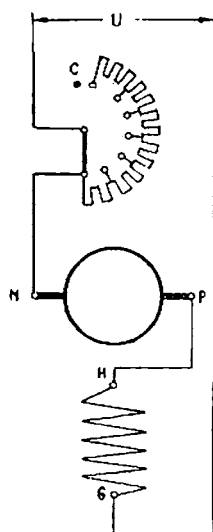


Fig. 210. — Schema motorului cu excitație în serie

*Motorul cu excitație în serie.* La un asemenea motor curentul primit trece atât prin inductor cât și prin indus.

Ceea ce caracterizează acest motor este faptul că viteza variază *dela sine*, adică fără vreun amestec al nostru, atunci când

sarcina (puterea dată de motor) se schimbă. Și anume: viteza este cu atât mai mare cu cât sarcina (puterea pe care o dă) este mai mică.

La mersul în gol el ajunge chiar la viteze periculoase; spunem că motorul se ambalează la mersul în gol.

De aceea un asemenea motor nu trebuie să fie cuplat prin curea, căci atunci când sare cureaua se produce o descărcare bruscă și motorul este în pericol din cauza vitezei prea mari pe care o capătă.

Deci, motorul cu excitație în serie se deosebește foarte mult de motorul cu excitație în derivație, care are aceeași viteză la orice sarcină și chiar la mersul în gol. Prin urmare el nu se ambalează delă sine.

O altă caracteristică a motorului cu excitație în serie este că, la pornire, dezvoltă o forță (cuplu) mare; acest lucru e necesar la macarale și în cazul în care, la pornire, trebuie să fie învinsă o rezistență mare. Tramvaiele electrice au motoare în serie. De asemenea, motorul cu excitație în serie este folosit și în alte împrejurări, în care nu este de temut o descărcare bruscă a motorului care l-ar pune în pericol, din cauza vitezei mari.

*Variația vitezei după voia noastră* se poate face micșorând sau măbind curentul de excitație; în acest scop, inductorul este pus în paralel cu o rezistență variabilă (reostat).

Măbind sau micșorând rezistența reostatului, se variază și curentul care trece prin inductor. Deci, și din acest punct de vedere, motorul în serie se deosebește de cel în derivație, la care reostatul era în serie cu inductorul.

*Sensul de rotație* al unui motor se poate schimba dacă se schimbă sensul curentului în indus sau în inductor.

Motoarele de curent continuu sunt construite de obicei pentru o tensiune de 110, 220, 440, 550 V.

În ce privește viteza, ea se poate alege oricare, după nevoie. Practica a arătat că anumite viteze sunt mai avantajoase.

*Randamentul motoarelor.* Ca orice mașină electrică și motorul de curent continuu are pierderi și deci din puterea primită sub formă electrică va da numai o parte sub formă mecanică,



restul risipindu-se în căldura dezvoltată în diferite părți ale mașinii.

$$\eta_l = \frac{P_u}{P_a}.$$

Randamentul motoarelor este aproximativ egal cu al generatorilor.

**126. Motoare de curent alternativ cu colector.** Motoarele de curent alternativ pe care le-am descris, au neajunsul că viteza lor nu poate fi modificată decât prin dispozitive complicate.

Motoarele de curent continuu, dimpotrivă, dau posibilitatea unei ușoare schimbări a vitezei.

De aceea s'a căutat să se construiască motoare care să aibă avantajele ambelor tipuri și așa s'a ajuns la *motoarele de curent alternativ cu colector*.

Astfel este motorul trifazic cu colector, care se compune dintr'un rotor ca al unui motor de curent continuu, cu perii prin care se primește curentul trifazat.

Satorul este ca și al unui motor asincron. Se întrebuințează în locul motorului asincron când se cere o variație mare de viteză.

S'au construit și motoare monofazate cu colector.

Unele sunt cu înfășurare în serie. Acestea sunt întrebuințate foarte mult pentru a pune în mișcare locomotivele trenurilor electrice.

Altele se numesc *de repulsie*.

*Motoare universale.* Se numesc astfel fiindcă pot fi întrebuințate atât pentru curentul continuu cât și pentru curentul alternativ, având cleme diferite pentru cele două feluri de folosiri.

Sunt de putere mică și se folosesc pentru mașini de lucru mici.

## Exerciții

### Întrebări

1. Care este tensiunea la bornele unui generator cu excitație separată, știind că f.e.m. este de 121,5 V, rezistența indusului 0,015  $\Omega$ , iar intensitatea curentului dat 100 A?

2. Un generator în derivație dă la o tensiune de 220 V un curent de 150 A. Curentul de excitație este de 5 A, iar rezistența indusului 0,25  $\Omega$ .

Care este curentul în indus? Dar rezistența inductorului?

3. Un generator în serie are rezistența indusului de 0,5  $\Omega$ , iar a inductorului de 0,3  $\Omega$  și tensiunea la borne de 120 V pentru 20 A. Care este forța electromotoare?

4. Un motor Diesel produce 300 kW. El este cuplat cu un generator de curent continuu. Ce putere maximă poate produce acesta știind că randamentul este 0,92?

5. O turbină de apă produce 68 CP. Ea acționează un generator de curent continuu care are un randament de 0,90. Câți kW poate da maximum generatorul?

6. Un generator de curent continuu de 50 kW are un randament de 0,88. El este acționat de o mașină cu abur. Ce putere în CP trebuie să aibă mașina?

7. Un generator de curent continuu produce 100 A la 220 V. El este cuplat cu un motor Diesel de 35 CP. Care este randamentul generatorului?

8. Un motor în derivație fiind legat la o rețea de 220 V la 100 A. Rezistența indusului este de 0,05  $\Omega$ , iar rezistența inductorului 60  $\Omega$ . Cât este curentul de excitație, curentul în indus și f.e.m.?

9. Care este f.e.m. a unui motor în serie legat la 220 V și absorbind 50 A, rezistența indusului fiind de 0,20  $\Omega$ , iar a inductorului 0,25  $\Omega$ ?

10. Un motor de curent continuu fiind legat la 220 V produce 20 kW la un curent absorbit de 100 A. Care este randamentul lui?

11. Ce putere absoarbe un motor, al cărui randament este de 0,89, pentru a produce 80 kW?

12. Care este intensitatea curentului absorbit de un motor legat la 440 V, care produce 60 CP, randamentul lui fiind 0,87?

13. O mașină de curent continuu în serie, cu o rezistență totală de 1,2  $\Omega$  funcționează ca generator producând 15 kW, la tensiunea de 440 V și viteză de 1000 rotații pe minut. Ce putere va produce și ce viteză va avea dacă aceeași mașină este folosită ca motor?

14. O centrală hidroelectrică dispune de un debit de 1,5 m<sup>3</sup>/s care cade dela 80 m, învârtind o turbină cuplată direct cu un generator de curent continuu. Știind că randamentul părții hidraulice este 0,80, iar al generatorului 0,90, ce putere dă această centrală?

$$1. U = E - RI = 121,5 - 0,015 \times 100 = 121,5 - 1,5 = 120 \text{ V.}$$

$$2. I_t = I + I_m = 150 + 5 = 155 \text{ A; } U = E - RI; \text{ sau } E = U + RI_t = 220 + 0,25 \times 155 = 220 + 38,75 = 258,75 \text{ V.}$$

$$R_m = \frac{U}{I_m} = \frac{220}{5} = 44 \Omega.$$

$$3. U = E - [R_m + R_l] I \text{ sau } E = U + [R_m + R_l] I = 120 + (0,5 + 0,3) 20 = 120 + 16 = 136 \text{ V.}$$

$$4. P_u = \eta P_a = 0,92 \times 300 = 276 \text{ kW.}$$

$$5. P_u = \eta P_a, P_a = \frac{68 \text{ CP}}{1,36} = 50 \text{ kW; } P_u = 0,90 \times 50 = 45 \text{ kW.}$$

$$6. P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{50}{0,88} = 56,8 \text{ kW. } P_a = 56,8 \times 1,36 = 77,1 \text{ CP.}$$

$$7. \eta = \frac{P_u}{P_a} = 220 \times 100 = \frac{22}{25,7} = 0,855. \frac{35 \text{ CP}}{1,36} = 25,7 \text{ kW.}$$

$$8. I_m = \frac{U}{R_m} = \frac{220 \text{ V}}{60 \Omega} = 3,6 \text{ A}; I_l = I - I_m = 100 - 3,6 = 96,4 \text{ A}; U = E - I_l R_l; E = U + I_l R_l = 220 + 96,4 \times 0,05 = 220 + 4,82 = 224,82 \text{ V}.$$

$$9. U = E - I_l [R_l + R_m]; E = U + I_l [R_l + R_m] = 220 + 50[0,20 + 0,25] = 220 + 22,5 = 242,5 \text{ V}.$$

$$10. P_a = UI = 220 \times 100 = 22 \text{ kW}; P_u = 20 \text{ kW}; \eta = \frac{20}{22} = 0,91.$$

$$11. P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{80}{0,89} = 90 \text{ kW}.$$

$$12. P_u = \frac{60}{1,35} = 44 \text{ kW}. P_a = \frac{P_u}{\eta} = \frac{44}{0,87} = 50,6 \text{ kW} = 50 600 \text{ W}.$$

$$P_a = U \cdot I, \text{ iar } I = \frac{P_a}{U} = \frac{50 600 \text{ W}}{440 \text{ V}} = 115 \text{ A}.$$

13. Dacă mașina funcționează ca [generator,  $E - R_l I_l = U$  sau  $E_{\text{generator}} = U + R_l I_l$ ].

Dacă acționează ca motor

$$E_{\text{motor}} = U - R_l I_l.$$

$$I = \frac{15 000}{440} = 34,2 \text{ A} \quad R_l I_l = 1,2 \times 34,2 = 41 \text{ V}.$$

Atunci

$$E_g = 440 + 41 = 481 \text{ V}$$

$$E_m = 440 - 41 = 399 \text{ V}$$

$$\frac{E_m}{E_g} = \frac{399}{481} = 0,83$$

$$\text{Dar } \frac{E_m}{E_g} = \frac{N_m}{N_g} \text{ sau } \frac{0,83 \times 481}{481} = \frac{N_m}{1000}$$

De unde  $N_m = 0,83 \times 1000 = 830$  rotații pe minut.

Puterea produsă va fi  $399 \times 34,2 \times \eta$  sau  $13,6 \times \eta \text{ kW}$ , dacă  $\eta = 0,9$

$$P_u = 12,2 \text{ kW}.$$

14. Puterea dată de turbină este :

$$1500 \times 80 \times 0,80 = 96 000 \text{ kg m/s dar } \frac{96 000}{75} = 1280 \text{ CP}.$$

$$\frac{1280}{1,36} = 940 \text{ kW}$$

$$P_{\text{generatorului}} = \eta P_a = 0,90 \times 940 = 846 \text{ kW}.$$

## Intrebări recapitulative

1. Pe ce fenomen se bazează mașinile de curent continuu?
2. De ce avem nevoie de mașini căci curentul continuu poate fi dat de elemente galvanice și acumulatori?
3. Ce fel de curenți iau naștere în Indusul unui generator de curent continuu?
4. Cum obținem în circuitul exterior un curent în același sens?
5. Este chiar un curent continuu? Cum îl rumim?
6. Prin ce mijloc micșorăm variațiile curentului redresat?
7. În câte feluri se poate construi indusul?
8. Ce dezavantaje are indusul înel?
9. Să se explice cum se execută înfășurarea indusului?
10. În ce poziție se așază perile? De ce?
11. Care este numărul minim al căilor de curent din indus?
12. Cum este construit indusul?
13. Dar inductorul?
14. Cum este construit colectorul?
15. Din ce se fac perile?
16. De unde se primește curentul de excitație a inductorului? Câte feluri de mașini sunt din acest punct de vedere?
17. De ce elemente depinde forța electromotoare a unei mașini?
18. Tensiunea la bornele generatorului este mai mică sau mai mare decât f.e.m., care se produce în indus?
19. Cum se poate varia f.e.m.?
20. Să se stabilească cum variază tensiunea la bornele generatorului în derivație când crește intensitatea curentului furnizat.
21. Care feluri de generatoare se întrebunțează obișnuit?
22. Cu ce tensiune funcționează de obicei generatoarele de curent continuu?
23. Cu ce viteze? Un generator trebuie să se învântească numai cu anumite viteze, ca un alternator?
24. Ce numim randament?
25. Ce pierderi se produc într-o mașină electrică?
26. Cât de mare este randamentul?
27. Ce numim funcționare în paralel?
28. De ce fel de motoare pot fi acționate generatoarele de curent continuu?
29. Generatorul opune vreo rezistență motorului? Explicați fenomenul.
30. Care este principiul de funcționare a motoarelor de curent continuu?
31. Un generator este schimbat de motor. Dacă sensul curenților în indus rămâne același în ce sens se va învârti?
32. Aplicați regula mânei stângi la un motor pentru sensuri diferite de circulație a curenților.
33. Ce este forța contraelectromotoare?
34. De ce are nevoie un motor de un reostat de pornire?
35. Cum se poate varia viteza unui motor?
36. Ce fel de motoare sunt din punct de vedere al felului excitației?
37. Arătați caracteristicile motorului în derivație.
38. Idem, ale motorului în serie.

39. Se poate schimba viteza motorului în derivație dela sine ? Dar a unui motor în serie ? Când ?

40. Cum putem varia după voie viteza unui motor în derivație ? Dar a unui motor în serie ?

41. Care sunt principalele întrebuințări ale motorului în derivație și ale celui în serie ?

42. Un motor de curent continuu se deosebește constructiv de un generator de curent continuu ?

43. Cum se poate schimba sensul de rotație ?

44. Ce se numește randamentul motoarelor ? Cum variază ?

45. Pentru ce viteze se construiesc motoarele de curent continuu ?

46. Pentru ce tensiune ?

47. În ce moduri se leagă un motor de mașina care trebuie acționată ?

48. Desenați schemele de instalare ale unui motor în derivație și ale unui motor în serie.

## XII. CONVERTISOARE

127. **Grupul motor generator.** *Convertisoarele sunt mașini rotative, care servesc pentru transformarea curentului continuu în curent alternativ, a celui alternativ în continuu, sau invers. Sunt mai multe feluri de mașini pentru aceste scopuri.*

Transformarea curentului continuu tot în curent continuu, dar cu altă tensiune, pentru alte scopuri, nu se mai poate face cu un aparat atât de simplu cum este transformatorul pentru curentul alternativ.

În acest caz sunt necesare două mașini: un motor electric, care este pus în mișcare prin legarea lui la tensiunea pe care o avem la dispoziție, și un generator acționat de acest motor și care va produce curentul cu tensiunea pe care o vrem.

Cele două mașini au arborii legați cap la cap. Acesta este un grup *motor generator*.

*Transformarea curentului alternativ în curent continuu se poate face tot cu un asemenea grup în care motorul este asincron sau sincron.*

Bine înțeles, și curentul continuu poate fi transformat în curent alternativ printr'un grup motor generator.

128. **Comutatrice.** Transformarea curentului alternativ în continuu sau invers se poate face și cu ajutorul unei mașini numită *comutatrice*. Ea este construită ca o mașină de curent continuu dar care, pe lângă colector, mai are pe arbore și inele pentru curent alternativ așezate pe partea opusă. Prin aceste inele (două pentru curentul monofazat și trei pentru cel trifazat) primește curentul alternativ.

Între tensiunea alternativă și cea continuă este un anumit raport și anume, între tensiunea trifazată și cea continuă, aproximativ de 0,61.

Deci, pentru a putea obține pe partea continuă o anumită tensiune, trebuie să fie potrivită tensiunea alternativă după raportul de mai sus cu ajutorul unui transformator.

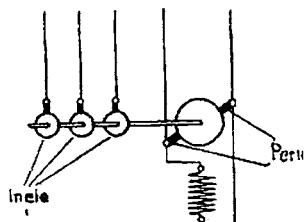
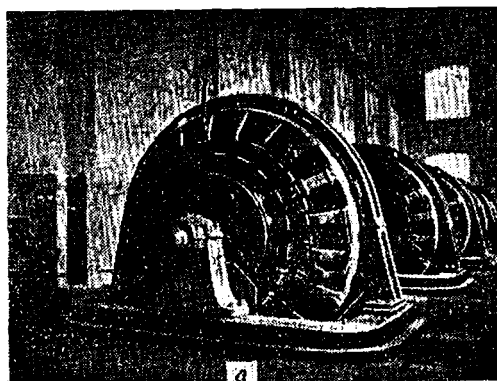


Fig. 211 a, b. — Comutatrice și schema ei electrică

129. Convertisorul în cascadă servește la fel ca și comutatricea. Se compune dintr'un motor asincron al cărui arbore este legat cap la cap cu un generator electric în derivație.

Pe lângă această legătură mecanică între cele două mașini mai este și o legătură electrică. Și anume câte un capăt al fiecărei faze a indusului

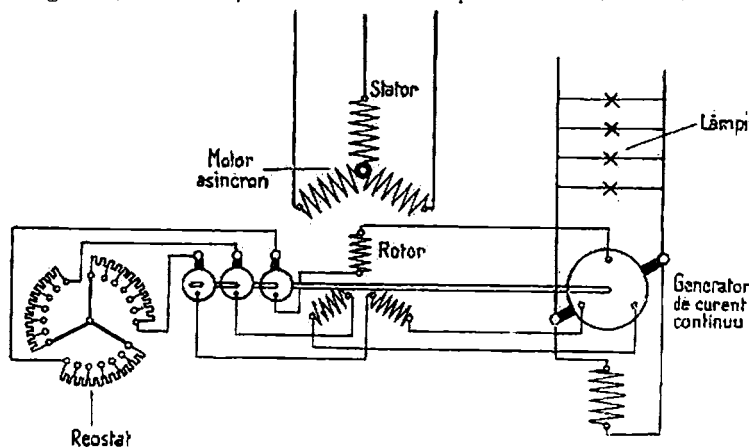


Fig. 212. — Schema unui convertisor în cascadă

(rotorului) este legat cu indusul generatorului de curent continuu. Celălalt capăt al fiecărei faze este legat la câte un inel. Pe inele apasă perii prin care sunt legate rezistențele de pornire a motorului.

Prin urmare, în această mașină, o parte din energia electrică primită de motorul alternativ servește pentru a produce mișcarea generatorului, iar altă parte ajunge în generator sub forma curentului alternativ din rotor.

În indusul generatorului de curent continuu știm că se produce un curent alternativ; deci, prin acest montaj aducem un surplus de curent alternativ.

Datorită colectorului, generatorul dă însă un curent continuu.

Randamentul unei asemenea mașini este mai mare decât al unui grup motor-generator.

Față de comutatrice au avantajul că tensiunile de curent continuu și alternativ nu mai sunt într'un raport anumit.

**130. Redresoare cu vapor de mercur.** Transformarea curentului alternativ în continuu se face foarte adesea cu ajutorul redresoarelor cu vapor de mercur. Redresorul este un aparat care se bazează pe producerea unui arc electric într'un vas, din care s'a scos aerul, dar în care se găsesc vapor de mercur. Un arc electric produs între mercur și un conductor nu permite trecerea curentului decât într'un singur sens, dela conductor la mercur. Ne putem folosi de acest fenomen pentru a realiza un fel de *ventil electric*, adică un aparat prin care curentul să treacă numai într'un sens, așa cum sunt unele ventile de apă, care lasă să se scurgă lichidul numai într'o parte.

Un redresor se compune dintr'un vas de sticlă din care s'a scos aerul cât se poate de bine; vasul are două brațe în cazul redresoarelor pentru curenți monofazați și trei sau chiar șase brațe în cazul redresoarelor pentru curenți trifazați.

Prin aceste brațe sunt introduși electrozi de grafit; în fundul vasului se găsește mercur, care și el constituie un electrod și anume catodul, pe când ceilalți sunt anozii.

Redresorul este însoțit totdeauna de un transformator pentru că tensiunea dată de redresor depinde de tensiunea alternativă aplicată. Deci, ca să obținem o anumită tensiune de curent continuu, trebuie să aplicăm o anumită tensiune de curent alternativ, ceea ce se realizează lesne folosindu-ne de un transformator.

Legăturile între transformator și redresor se fac după cum arată fig. 213 în cazul curentului monofazat, adică se leagă catodul cu mijlocul înfășurării secundare a transformatorului, iar



anozii la bornele acestei înfășurări. Dacă avem de transformat un curent trifazat, catodul se leagă la punctul neutru al înfășurării secundare, în stea.

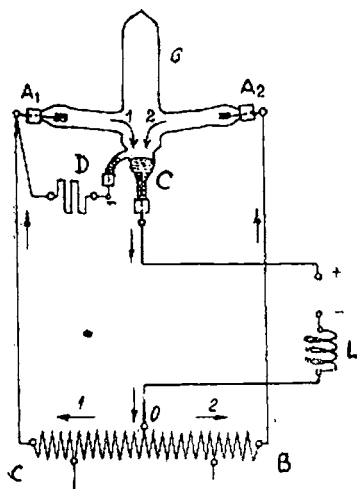


Fig. 213. — Redresor cu vapori de mercur

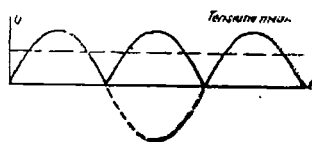


Fig. 214. — Tensiune monofazată redresată



Fig. 215 a. — Tensiune trifazată redresată cu trei și șase anodi

Cum funcționează redresorul? În vas se găsește o atmosferă de vapori de mercur. În timpul funcționării se produce o descărcare prin acești vapori, între anodi și catod. Vaporii de mercur au însă proprietatea de a lăsa să se producă descărcarea și deci să treacă un curent numai dacă acesta are sensul de la anod la catod. Deci, anodi trebuie să fie pozitivi, iar catodul negativ.

Cum putem realiza aceasta, căci curentul este alternativ, adică își schimbă mereu sensul și deci polaritatea? Observăm că timp de jumătate de perioadă curentul circulă în sensul  $B$  spre  $C$ ; în acest caz anodul  $A_1$  este pozitiv, iar anodul  $A_2$  negativ, jumătatea următoare a perioadei curentul circulă de la  $C$  spre  $B$ ; deci anodul  $A_1$  este negativ, iar anodul  $A_2$  pozitiv.

Prin urmare, în prima jumătate de perioadă, descărcarea se va produce între  $A_1$  și  $C$ , iar în jumătatea următoare între  $A_2$  și  $C$ . De la  $C$  la  $O$  va trece tot timpul un curent în același sens, deci se va obține un curent continuu,  $C$  fiind polul pozitiv, iar  $O$  cel negativ, pentru curentul transformat.

Dar, după cum se constată, curentul obținut nu este chiar continuu, căci are foarte multe neregularități. Dacă se folosește un redresor trifazat cu trei anodi sau cu șase anodi, neregularitățile sunt cu mult mai mici.

Pentru egalizarea curentului se introduce în circuitul dela  $C$  la  $O$  o bobină de autoinducție  $L$ .

Dar am arătat că descărcarea se produce prin vapori de mercur. Cum sunt ei obținuți?

Redresorul mai are în  $D$  un electrod auxiliar, tot de mercur, legat cu unul din anodi. La pornire, se înclină vasul în așa fel ca mercurul din  $C$  și cel din  $D$  să fie în contact.

În felul acesta va putea trece un curent electric. Se îndreaptă apoi vasul în poziția lui normală, atunci se vor produce scântei de întrerupere, care provoacă evaporarea mercurului și descărcarea poate începe între anozii  $A_1$ ,  $A_2$  și catod.

În loc de acest procedeu de aprindere, se întrebuințează un dispozitiv compus dintr'un electrod de aprindere, care se pune în contact și care este apoi ridicat în sus cu ajutorul unui electromagnet; la ridicare, se produc scântele de întrerupere cu ajutorul cărora mercurul se încălzește și se evaporază.

Dacă redresorul produce un curent mic, este pericol ca să nu mai fie suficient de cald catodul. De aceea sunt luate măsuri speciale prin electrozi de excitație ca descărcarea să fie menținută. Mercurul nu se consumă în acest aparat deoarece vaporii formați se condensează pe pereții și deci se întorc din nou în  $C$ . În interiorul redresorului se produce o cădere de tensiune care este în general mică și anume de 10—30 V.

Pentru intensități mari, nu se mai construiesc redresoare cu vas de sticlă, după cum am arătat mai sus. Vasul este înlocuit cu o cuvă de metal, iar curentul este întotdeauna trifazat. Cuvă este cilindrică, cu perete dublu, închis la partea de jos printr'o parte mai adâncită în care se găsește mercurul constituind catodul; partea de sus a cuvei este închisă cu un capac prin care pătrund anozii.

Fiecare anod este înconjurat cu un ecran care îl protejează contra curenților de vapori de mercur care vin dela catod. Aceste ecrane sunt așezate astfel ca să ascundă anozii de radiațiunile care pleacă dela placa catodică. Fiecare anod mai are un grătar izolat. Acest dispozitiv împiedică descărcarea în sens invers (aprindere înapoi) care se produce când redresorul funcționează cu sarcină redusă. Un alt ecran, în formă de pâlnie, deasupra catodului, împiedică vaporii de mercur să se urce spre anodi. În mijlocul capacului se găsește dispozitivul de pornire care se compune dintr'o vergea ținută de un arc care la partea de sus are un miez introdus

într'un solenoid. Când trece un curent prin solenoid, acesta atrage miezul și astfel vergeaua se lasă în jos, făcând contact cu mercurul. Dacă se întrerupe curentul, resortul trage vergeaua în sus, contactul se întrerupe și se produce o scânteie de întrerupere care provoacă evaporarea mercurului, ceea ce duce la producerea descărcării între anozii și catod.

Redresorul este răcit cu apă care circulă prin suportul catodului, prin spațiul dintre cei doi pereți ai cuvei și prin capacul cuvei. Toate îmbinările sunt prevăzute cu garnituri speciale pentru a împiedeca intrarea aerului.

Este necesar ca în interiorul cuvei să fie menținut un vid înaintat, ceea ce se obține prin pompe speciale prin care se ajunge la un vid egal cu 0,001 mm coloană de mercur.

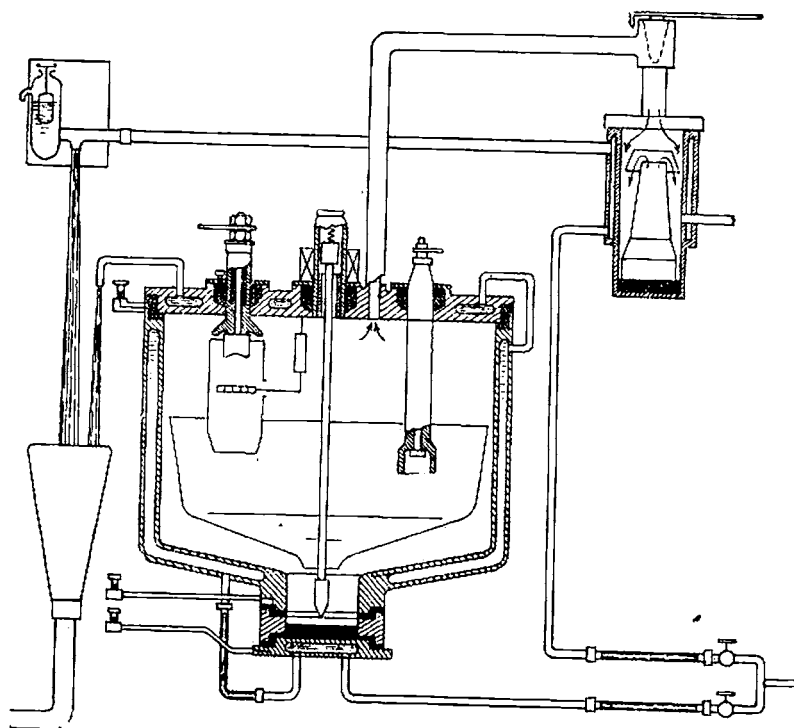


Fig. 215 b. — Redresor în cuvă de fier

După cum am arătat, un curent cât mai uniform se obține cu un număr cât mai mare de anozii. Deci trebuie să fie folosite transformatoare care să aibă cât mai multe faze pe partea de joasă tensiune. Fig. 215 c. arată un transformator cu șase faze, pe partea secundară, pe când primarul

este cu trei faze. Fiecare dintre cele șase faze sunt legate la câte un anod al redresorului. Catodul este legat la punctul nul al transformatorului.

Aparatele de mare putere se construiesc și cu 12 și 18 anodi.

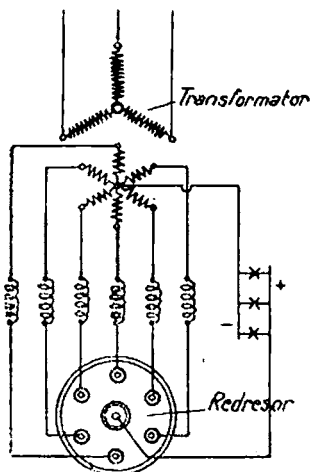


Fig. 215 c. — Redresor cu șase anodi

Redresoarele cu șase faze se întrebuințează pentru tensiuni redresate până la 15 000 V. Pentru tensiunile de 3000—4000 V, maxime, întrebuințate pentru tracțiunea electrică, se folosește redresorul de șase anodi.

Fără de alte mijloace de a transforma curentul alternativ în curent continuu, redresoarele cu vapor de mercur au următoarele avantaje: randament mare, punere în funcțiune repede și simplă, nu necesită întreținere importantă, nu au greutate mare, și deci nu prezintă greutatea de montare, nu produc șgomot în timpul funcționării, etc.

Redresoarele trebuie să fie ferite de scurt-circuite care s'ar produce pe partea de curent continuu (adică de contacte directe între cei doi conductori ai părții de curent continuu.

Dacă s'a produs un asemenea defect, circuitul trebuie să fie imediat întrerupt și în acest scop se întrebuințează întrerupătoare automate foarte rapide.

În U.R.S.S. s'au construit de curând de către E. Spacov și V. Vinogradov niște redresoare cu sulfuri de tip nou pentru încărcarea acumulatorilor. Acest redresor folosește ventile cu sulfuri de cupru și magneziu. Ele sunt mult mai bune decât alte redresoare uscate și au o durată de funcționare de aproximativ 5 000 de ore.

### Întrebări recapitulative

1. Cu ce aparat se transformă curentul alternativ ?
2. Pe ce principiu se bazează ?
3. Cum se poate transforma curentul continuu pentru a obține altă tensiune ?
4. De ce nu se pot folosi transformatoarele și pentru curent continuu ?
5. Dar curentul alternativ prin ce mijloace poate fi schimbat în curent continuu ?
6. Să se descrie grupul motor-generator, comutatricea și convertisorul în cascadă.
7. Să se explice redresorul cu mercur.

### XIII. MĂSURĂTORI ELECTRICE

131. **Diferite feluri de aparate.** Am învățat în capitolele precedente despre diferite mărimi electrice și magnetice precum și unitățile lor de măsură.

Unele din aceste mărimi electrice se deduc din altele prin diferite formule (de exemplu curentul din tensiune și rezistență, etc.).

Deci, trebuie să cunoaștem unele mărimi prin măsurători directe.

Folosirea în bune condiții a electricității ne impune măsurarea diferitelor mărimi electrice și magnetice; în special *tensiunea, intensitatea, rezistența, puterea și energia*.

În acest scop ne servim de *aparate de măsură* pe care le folosim după *anumite reguli*.

În capitolele trecute am cunoscut, dintre aparatele de măsură, pe acelea care servesc la măsurarea intensității curentului, *ampermetrele*.

Pe baza ampermetrelor sunt construite cele mai multe aparate de măsură.

Aparatele de măsură cele mai des întrebuințate se împart în următoarele categorii principale:

1. *Aparate cu magnet permanent și cadru mobil*, care se bazează pe acțiunea unui magnet asupra unei bobine (în formă de cadru) fig. 216 a.

2. *Aparate electromagnetice*, care se bazează pe proprietatea unei bobine, prin care trece curentul electric, de a atrage o piesă de fier moale, fig. 216 b.

3. *Aparate electrodinamice*, bazate pe acțiunea reciprocă a două bobine străbătute de curenți, fig. 114.

4. *Aparate termice* bazate pe efectul Joule-Lenz, fig. 216 c.

5. *Aparate speciale* bazate pe alte fenomene.

Să examinăm cum ne folosim de aceste diferite aparate.

132. **Măsurarea intensității** se face cu ampermetrul care se construiește pe principiile mai sus arătate.

Măsurarea cu voltmetrul este înceată și se folosește numai în anumite laboratoare.

Ampermetrul cu magnet permanent și bobină mobilă se

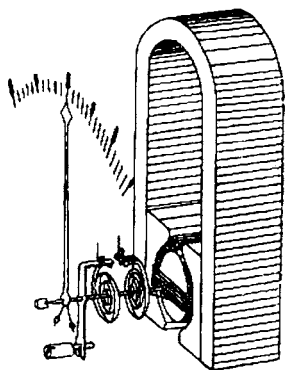


Fig. 216 a. Aparat cu magnet permanent și cadru mobil

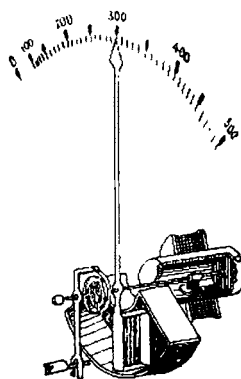


Fig. 216 b. — Aparat electromagnetic

poate folosi numai pentru curentul continuu, deoarece, în curent alternativ, bobina ar oscila când într'un sens când în altul.

Ampermetrul cu fier moale se poate folosi atât pentru curentul continuu cât și pentru cel alternativ. Este tipul de aparat cel mai des întrebuințat, cel mai ieftin și cel mai sigur.

Ampermetrele electrodinamice, fără fier, se pot de asemenea folosi pentru ambii curenți. La fel cele termice.

Pentru curenții alternativi se mai întrebuințează și ampermetre bazate pe fenomenul de inducție și anume pe baza câmpului învârtitor.

*Măsurarea intensității se face montând ampermetrul în serie, în circuitul de măsurat.* Bobinajul unui ampermetru trebuie să aibă o rezistență cât mai mică, ca să nu opună rezistență mare trecerii curentului, deci trebuie să fie dintr'un fir gros.

Fiecare ampermetru se construiește pentru un anumit curent maxim.

Dacă în circuit curentul este mai mare, ampermetrul se poate

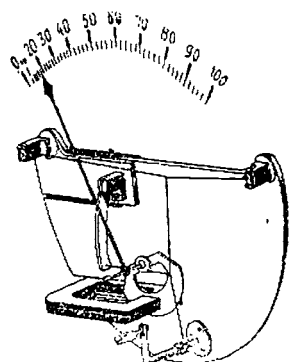


Fig. 216 c. — Aparat termic

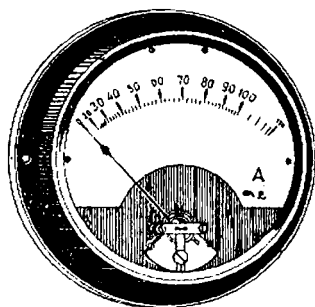


Fig. 217 a. —  
Ampermetru industrial



Fig. 217 b. — Ampermetrul  
se montează în serie

arde. Ca să nu se întâmple aceasta se face o ramificație a circuitului și în această ramificație se montează ampermetrul. În felul acesta prin ampermetru trece numai o parte din curent.

Dacă rezistența  $r$  este de nouă ori mai mică decât rezistența  $R$  a ampermetrului, prin ramura  $R$  trece numai  $1/9$  din curentul ramurii  $r$ , adică  $1/10$  din curentul total.

În cazul acesta indicația ampermetrului trebuie să o înmulțim cu 10 ca să obținem curentul total.

Rezistența  $r$  este montată astfel că poate fi înlocuită prin diferite rezistențe care sunt de 99 sau chiar de 999 ori mai mici decât  $R$ .

Prin ampermetru va trece  $\frac{1}{100}$  sau  $\frac{1}{1000}$  din curentul total

Deci, putem măsura cu același instrument curenți foarte mari.

133. Măsurarea tensiunilor se face cu ajutorul *voltmetrelor* care, de fapt, sunt tot *ampermetre*, adică aparate care măsoară curentul; deci voltmetrele sunt construite pe aceleași principii.

Dacă între punctele *A* și *B*, între care este o tensiune *U*, se leagă un ampermetru, prin el va trece un curent electric.

Tensiunea dintre *A* și *B* rezultă după legea lui Ohm astfel:

$$U = R_{AB} \times I.$$

Pe *I* îl arată aparatul, pe  $R_{AB}$  îl cunoaștem, deci rezultă din înmulțirea acestora *U*. Pe cadranul aparatului se citește direct rezultatul acestei înmulțiri.

Deci, spre deosebire de ampermetru, voltmetrul se montează în *derivație*, iar bobinajul trebuie să opună o rezistență cât mai mare pentru a se deriva un curent cât mai mic; deci bobinajul trebuie să fie dintr'un fir subțire și lung, pentru a avea o rezistență mare.

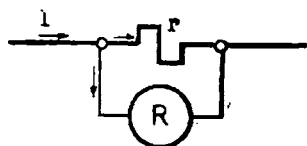


Fig. 218. — Ampermetru montat pentru cureni mari

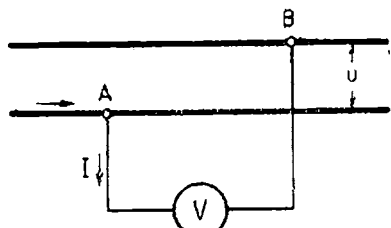


Fig. 219. — Voltmetrul se montează în derivație

Dacă tensiunea curentului este mare, se reduce intensitatea curentului, care trece prin voltmetru, prin montarea unei rezistențe.

Dacă această rezistență *R* este de nouă ori mai mare decât rezistența voltmetrului, prin aparat va trece un curent de zece ori mai mic.

În centrale electrice tensiunile între diferiți conductori se măsoară deseori cu același voltmetru. Pentru acest scop se întrebuințează un *comutator* care leagă, după voie, aparatul cu diferiți conductori.

Maneta *M* leagă pe rând punctele 1 și 2, 3 și 4, 5 și 6 cu voltmetrul (vezi fig. 221).



134. Măsurarea rezistențelor. Se face montajul din fig. 223 în care  $R$  este rezistența pe care vom s-o determinăm.

Măsurăm pe  $U$  și  $I$  și deducem din legea lui Ohm:  $R = \frac{U}{I}$

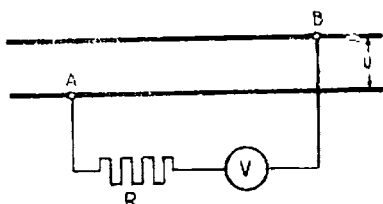


Fig. 220. — Voltmetru montat pentru tensiuni mari

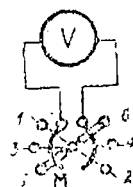


Fig. 221. — Comutator pentru voltmetru

Reostatul  $R$  servește pentru a potrivi curentul  $I$ .

Măsurarea mai exactă a rezistențelor se face cu montajul în punte, arătat în fig. 224.

$R_1$  și  $R_2$  sunt rezistențe cunoscute fixe, iar  $R_4$  este o rezistență variabilă și anume o cutie de rezistențe.

$R_3$  este rezistența a cărei valoare nu o cunoaștem.  $A$  este un ampermetru, iar  $E$  este o sursă de curent continuu.

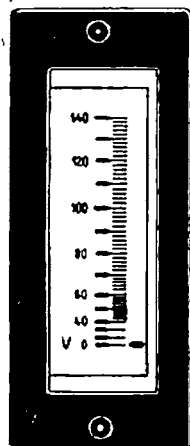


Fig. 222. — Voltmetru industrial

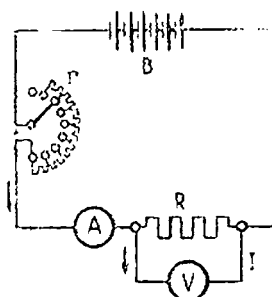


Fig. 223. Măsurarea rezistențelor

Curenții produși de  $E$  se ramifică în  $A$ , în  $D$  sau  $C$  și apoi se reunește toți în  $B$ .

Să variem rezistența  $R_4$ . Vom constata că, pentru o anumită valoare a lui  $R_4$ , prin  $CD$  nu trece niciun curent și ampermetrul rămâne la zero.

Ce s'a întâmplat ? Înseamnă că nici în  $D$  și nici în  $C$  curentul nu se ramifică. În consecință, pe porțiunea  $ACB$  este același curent,  $I_1$ , iar pe porțiunea  $ADB$  același curent  $I_2$ .

Deoarece între  $C$  și  $D$  nu circula niciun curent este ca și cum firul de legătură nu ar exista ; punctele  $C$  și  $D$  sunt la aceeași tensiune.

Dar, în acest caz, pierderile de tensiune din  $A$  până în  $C$  și  $D$  și pierderile de tensiune din  $C$  și  $D$  până în  $B$  sunt egale.

$$I_1 R_1 = I_2 R_3 \text{ și } I_1 R_2 = I_2 R_4$$

sau dacă împărțim prima egalitate cu a doua obținem :

$$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_2} = \frac{I_2 R_3}{I_2 R_4} \text{ sau simplificând : } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

din care  $R_3 = R_4 \frac{R_1}{R_2}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  și  $R_4$  fiind cunoscute, se poate calcula  $R_3$ .

O măsurătoare de rezistență făcută foarte des și de importanță mare este aceea a izolațiilor.

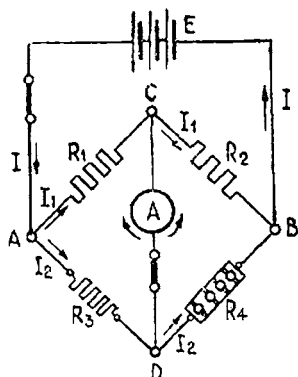


Fig. 224. — Punte Wheatstone pentru măsurat rezistențele

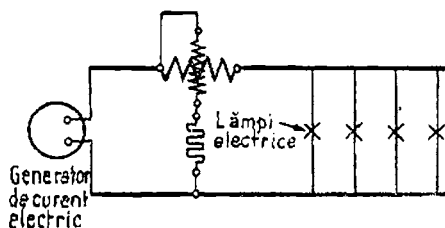


Fig. 225. — Legarea unui wattmetru

Înainte de a se folosi orice instalație electrică trebuie verificată izolația ei.

O izolație defectuoasă sau insuficientă permite scurgeri de curent și chiar accidente mai grave.

Aparatul de măsură se numește *ohmmetru* sau *inductor*.

El se bazează pe legea lui Ohm :

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

Aparatul se compune dintr'o baterie de pile și un galvanometru, legate în serie cu rezistența de măsurat; galvanometrul este gradat în ohmi rezultând din formula de mai sus.

Deseori, sursa de curent este un *magnetou*, adică o mică mașină generatoare de curent electric, al cărui inductor este *format* din magneți în loc de electromagneți.

Magnetoul se învârtește cu mâna.

**135. Măsurarea puterii.** Pentru a determina puterea unui curent, trebuie cunoscute  $U$  și  $I$  deoarece  $P = UI$ . Aparatul de măsură se numește *wattmetru*.

În acest scop el se compune dintr'o bobină fixă, cu fir mai gros, care se leagă în serie (ca un ampermetru) și dintr'o bobină mobilă cu fir subțire care se leagă în derivație (ca un voltmetru).

Prin acțiunea între cei doi curenți se produce o forță care mișcă bobina mobilă, devierea ei depinde și de tensiune și de intensitate, deci măsoară puterea.

Asemenea wattmetru este deci electrodinamic; el poate fi folosit atât pentru curentul continuu cât și pentru cel alternativ.

La curentul continuu puterea poate fi măsurată servindu-ne de un voltmetru și de un ampermetru:  $P = UI$ .

La curentul alternativ  
 $P = UI \cos \varphi$ , deci trebuie cunoscut și  $\cos \varphi$ ; de aceea wattmetrul este în asemenea cazuri neapărat necesar.

La curentul alternativ trifazat trebuie instalat câte un wattmetru pe fiecare fază.

Dacă ele sunt egal încărcate se poate folosi un singur wattmetru, iar indicația lui înmulțită cu 3. Dar această metodă nu este exactă în cazul unei neegalități între curenții fazelor.

Se mai poate folosi ca metodă exactă și măsurătoarea cu două wattmetre, legate în mod special.

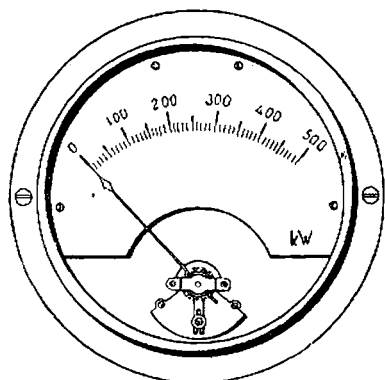


Fig. 226. — Wattmetru

Cele două wattmetre se pot combina astfel ca instrumentul să aibă un singur arătător, care arată suma celor două.

Pentru curent alternativ se construiesc și wattmetre de inducție.

**136. Măsurarea energiei (lucrului).** Se știe că energia este produsul puterii cu timpul:  $T = UIt$ .

Aparatele pentru măsurare se numesc *contoare*. Ele trebuie să măsoare trei mărimi: tensiunea, intensitatea și timpul.

*Contorul electrochimic* se bazează pe electroliză. Într'un vas se pune o soluție dintr'o sare de mercur. La trecerea curentului sarea este descompusă și la electrodul negativ se adună mercurul. Cantitatea strânsă este corespunzătoare numărului de amperore. Cunoșcând tensiunea curentului se înmulțește cu numărul de amperore și se obține energia în kWh.

Un asemenea aparat poate fi folosit numai pentru curent continuu, dar este greu de întrebuințat și de aceea nu se folosește în mod obișnuit.

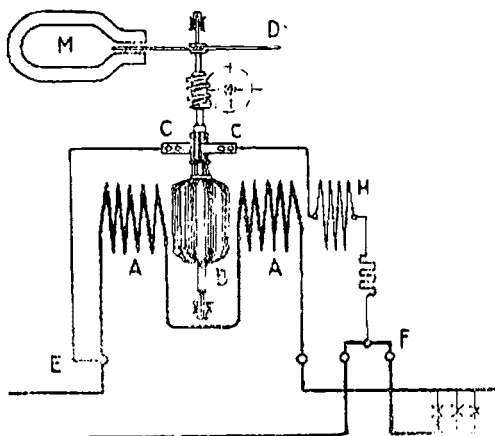


Fig. 227. — Schema unui contor

*Contorul dinamometric.* Este un mic motor electric compus dintr'o bobină mobilă, B, prin care trece un curent derivat între E și F (bobina voltmetrică). Această bobină se mișcă sub

influența mai multor bobine *A* prin care trece curentul principal și care sunt legate în serie (bobine ampermetrice).

Bobina voltmetrică este înfășurată pe un tambur fixat pe o axă verticală și primește curentul printr'un mic colector *C*.

După cum se vede, prin inductorul acestui motor trece chiar curentul, iar prin indus un curent proporțional cu tensiunea.

Pe ax mai este fixat un disc de aluminiu care se învârtete între polii unui magnet permanent *M*.

Prin învârtire, se induce în acest disc curenți care se opun mișcării. Discul îl vedem privind prin fereastra contorului. Între curenții celor două bobine se nasc forțe, ca în orice motor, care produc învârtirea bobinei mobile și a discului.

Învârtirea este mai repede sau mai încetă după mărimea celor doi curenți.

Mișcarea axului este transmisă printr'un mecanism de roți dințate la un sistem de discuri arătătoare; ele indică numărul rotațiilor făcute într'un anumit timp și, deci, și al kWh.

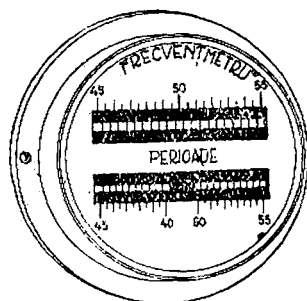
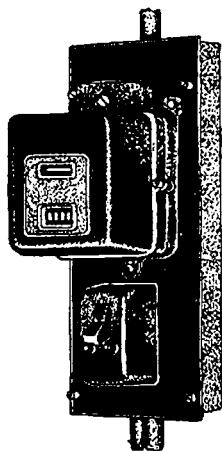


Fig. 228 a. Contor electric Fig. 228 b. — Frecvențmetru

Numărul rotațiilor făcute într'un anumit timp corespunde numărului de kWh.

Pentru a afla câtă energie s'a consumat într'un interval de timp, de exemplu într'o lună, scădem indicațiile contorului pe

care le citim pe aparat la începutul lunii, din acelea citite la finele lunii.

Aceste contoare, bazate pe principiul *dinamometric*, se folosesc atât pentru curentul continuu cât și pentru cel alternativ.

Pentru curentul alternativ se întrebuințează și *contoare de inducție*.

Contoarele sunt instrumentele de măsură cu care suntem mai obișnuiți, căci, în fiecare casă în care este introdusă electricitatea, se găsește și un contor care măsoară numărul kWh care au fost consumate într'un anumit timp. Pe baza acestor măsuri se face și plata.

Contoarele trebuie instalate într'un loc ferit de lovire și totodată lesne de controlat și de citit.

137. Alte aparate. Inafara aparatelor de mai sus mai există numeroase alte aparate pentru diferite măsurători precum *frecvențmetru*, pentru măsurarea frecvenței, *fazmetru* sau *cos-metru*, pentru măsurarea decalajului, etc.

Toate instrumentele mai sus arătate sunt instrumente cu *citire directă*. Se construiesc însă aparate care înregistrează rezultatele măsurătorilor pe o bandă de hârtie în mișcare; ele se numesc instrumente de *măsură înregistratoare*.

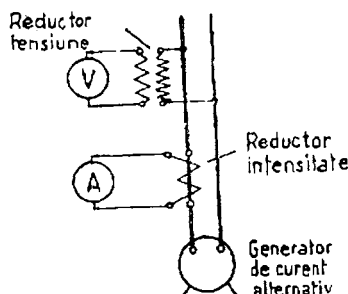


Fig. 229. — Schema redutoarelor de tensiune și intensitate

Toate aparatele de măsură trebuie verificate din când în când, spre a vedea dacă ele mai sunt exacte. Operația se numește *etalonare*.

În sfârșit, aparatele de măsură se mai împart în *instrumente de precizie*, folosite în special în laboratoare și *instrumente pentru exploatare*, care au o precizie mai mică.

*Reductoare de tensiune și intensitate.* Tensiunile și intensitățile instalațiilor de curent alternativ sunt deseori prea mari pentru a putea fi măsurate direct.

Se folosesc în aceste cazuri reductoare care coboară tensiunea, de obicei la 100 V, precum și transformatoare de intensitate, care reduc curentul la maximum 5 A.

*Lămpi de semnalizare.* În instalațiile electrice se folosesc deseori lămpi care semnalizează la distanță poziția în care este un aparat; de exemplu dacă un întrerupător este închis sau deschis.

Ele sunt de mare folos.

### Întrebări recapitulative

1. Ce mașini electrice cunoașteți?
2. Cu ce aparate se măsoară?
3. Care sunt unitățile de măsură pentru intensitate, tensiune, rezistență, putere și energie (lucru)?
4. Pe ce principii sunt construite ampermetrele și voltmetrele?
5. Care tipuri de aparate se folosesc pentru curentul continuu și care pentru curentul alternativ?
6. Ce tip de aparat este mai des folosit? De ce?
7. Ce este galvanometrul?
8. Cum se instalează ampermetrul?
9. Cum se instalează voltmetrul?
10. Dacă intensitatea curentului este mare, cum se procedează?
11. Dar dacă tensiunea este mare?
12. Cum se măsoară rezistențele în mod obișnuit?
13. Ce procedeu mai exact de măsură cunoașteți?
14. De ce se măsoară izolația instalațiilor?
15. Cu ce aparate se măsoară?
16. Cum se poate măsura puterea în curent continuu?
17. Dar în curent alternativ monofazat?
18. Dar în cel trifazat?
19. Pe ce principiu se bazează aparatele de măsurare a puterii?
20. Pe ce principii sunt construite contoarele?
21. Descrieți contorul de curent continuu.
22. Câte feluri de aparate de măsură sunt?

## XIV. MATERIALE PRINCIPALE ÎNTEBUIŢATE ÎN ELECTROTEHNICĂ

138. *Metale feroase.* Materialele principale întrebuiţate în electrotehnică, adică la aplicaţiile electricităţii, sunt unele *metale*, necesare pentru construcţia maşinilor, aparatelor, precum şi pentru obţinerea conductorilor, *materiale izolante*, şi o serie de *materiale ajutătoare*.

Maşinile şi aparatele electrice sunt construite în mare parte din materiale feroase.

Din cele învăţate, ne dăm seama că o maşină electrică este constituită din următoarele părţi principale :

— o parte care formează circuitul magnetic şi care este din metal feros :

— o altă parte care formează circuitul electric şi care este formată din conducte de cupru sau aluminu.

Deci, fierul are un rol foarte important în electrotehnică; înafara circuitului, magnetic, tot din metale feroase se fac carcasele, plăcile de fundaţie, scheletele de maşini, aparate electrice, etc.

Se ştie că fierul nu se întrebuiţează curat ci în combinaţie cu alte substanţe, dintre care cea mai importantă este cărbunele. Rezultă astfel diferite aliaje, care se deosebesc prin cantitatea de cărbune conţinută.

*Fonta* este produsul care se obţine din minereurile de fier. Sunt două feluri de fontă : cenuşie şi albă. Din prima se toarnă piese de maşini.

Fonta este din ce în ce mai puţin folosită la construcţia maşinilor electrice.

Din fonta albă se fabrică oţelurile.

În general, fontele sunt sfărâncioase, nu rezistă la tracţiune şi nu pot fi forjate.

*Oţelurile* se obţin mai ales prin topirea fontel albe în cuptoare speciale, unde li se reduce conţinutul de cărbune la 0,2—1,7%.

La fabricarea oţelurilor se adaugă diferite alte corpuri după întrebuiţarea la care va fi supus aliajul obţinut şi anume: crom, wolfram, molibden, vanadiu (pentru oţelul de scule) sau: nichel, crom-cupru (pentru oţelurile de construcţie).

Aliajele de oţel au multe întrebuiţări în electrotehnică. Deosebit fierul şi oţelul magnetic de cel nemagnetic.

Primul trebuie să aibă : *permeabilitate mare*, adică cu un număr mic de amperspire să se obţină un flux cât mai mare, *remanenţă magnetică mică*, adică magnetizările şi demagnetizările la care este supus în maşinile electrice să se facă repede, iar nu cu întârzieri mari (fenomenul



de întârziere se numește hysterezis) și rezistența mică, pentru ca pierderile prin curenți induși să fie mici.

Diferite corpuri adăugate au influențe diferite asupra proprietăților oțelurilor. Siliciul are o mare importanță ca adaus, pentru a se obține tabla de transformator și de mașini electrice, care este de obicei din oțel cu conținut redus de carbon și cu 1—4% siliciu.

Pentru socotirea calității unei asemenea table servește cifra pierderilor prin inducție și prin alte fenomene, care se dă în wați pe kg. Cu cât această cifră este mai mică, cu atât materialul este mai apreciat. De-seori este de 1,3 W/kg.

Grosimea obișnuită a acestor table este de 0,35 și 0,6 mm. Oțelul cu conținut de cupru de 0,2—0,3% ruginește greu și, deci, are o viață mult mai lungă. Oțelurile cu 1—3% mangan sunt întrebuițate ca electrozi pentru sudură. Oțelurile cu nichel sunt foarte dure. Magneții permanenți se fac din oțel care conține nichel și unul din metalele: aluminiu, titan, cobalt sau cupru. Oțelul invar, cu un conținut de nichel de 36%, are un coeficient de dilatare foarte mic.

Oțelurile cu 3—6% crom servesc ca oțeluri pentru magneți permanenți de putere mai mică. Oțelurile cu crom și nichel rezistă la acțiunea acizilor. Molibdenul ameliorează rezistența la temperatură. Adausul de cobalt ridică saturația magnetică.

În genere, oțelurile se lucrează bine prin forjare și laminare. Ele ies din fabrică fie sub formă de table, fie sub formă de oțeluri profilate. Pentru diverse instalații electrice se întrebuițază mai adesea fierul rotund, fierul pătrat, fierul U, fierul cornier, balot și dublu T. Fierul profilat servește pentru executarea diverselor schelete și carcase.

Denumirile obișnuite ale oțelurilor sunt după modul de fabricație: oțel de creuzet, care este curat și scump, oțel Siemens Martin, oțel electric. Modulile de prelucrare a oțelurilor sunt următoarele: turnare, vâlțuire la rece sau la cald, forjare, tragere, stanțare și presare. În afară de aceasta nu trebuie să uităm diferitele tratamente ale oțelurilor prin încălzire, călire, coacere, recoacere.

139. Metalele neferoase și aliajele lor sunt foarte mult întrebuițate în electrotehnică.

Cuprul este metalul neferos cel mai important, din care se execută conductorii mașinilor și diferitelor aparate, conductele electrice și cablurile. În mod obișnuit este amestecat cu alte metale.

Cuprul întrebuițat pentru conductele electrice este rafinat și anume, pe cale electrolitică. Conținutul de cupru trece de 99,9%. Observăm că alte feluri de cupru, rafinate prin alte procedee termice, deși au un conținut de cupru foarte mare și anume de 99—99,9%, totuși nu sunt indicate pentru folosințe electrotehnice căci au o rezistență prea mare.

Aceste feluri de cupru rafinat se utilizează pentru plăci de focare de locomotive, benzi, bare, țevi, etc.

Calitatea de cupru electrolitic este stabilită prin determinarea rezistenței electrice care nu trebuie să treacă de 0,017 48  $\Omega$ , pentru un conductor de 1 m, cu secțiunea de 1 mm<sup>2</sup> la 20° C.

Orice corp străin, dacă este amestecat cu cuprul, îl reduce foarte mult conductibilitatea; astfel, la un conținut de numai 0,1% fier, rezistența se mărește cu 25%.

Modurile de lucru sunt următoarele: se poate lipi și se poate suda

autogen și electric (sudură cu arc și sudură prin rezistență), poate fi prelucrat la cald sau la rece, nu poate fi turnat căci obiectele astfel lucrate sunt poroase. Temperatura de topire este 1080°.

O altă calitate importantă a cuprului este aceea că rezistă bine la ploaie, ninsoare etc., prin faptul că se acopere cu un strat subțire de oxid care îl protejează.

Formează diferite aliaje foarte mult întrebuintate, dintre care, în primul rând: alama, din cupru și zinc, bronzul, din cupru și cositor.

În ce privește conducibilitatea electrică cuprul este întrecut numai de către argint, care conduce foarte bine atât electricitatea, cât și căldura.

În sfârșit, mai trebuie să notăm că rezistă bine, când este supus la întindere, chiar dacă forța este mare.

Prin diferitele moduri de prelucrare se obține cupru denumit tare, cupru semitare și moale.

La conductele electrice aeriene se întrebuintează numai primele două feluri (lucrate prin laminare la rece) care rezistă bine la forțele mari de întindere. Cuprul tare este întrebuintat la tracțiune până la un efort de 45 kg/mm<sup>2</sup>, pe când cel moale nu poate fi folosit decât până la maximum 21 kg/mm<sup>2</sup>.

Pentru alte conducte electrice se folosește cuprul moale, lucrat la cald.

Pentru lamele de colectori se întrebuintează tot cuprul tare.

Formele sub care se întrebuintează cuprul în electrotehnică sunt: sârme rotunde sau cu secțiune dreptunghiulară, benzi, bare dreptunghiulare și alte forme.

**Alumiul** este al doilea material neferos cu mare întrebuintare în electrotehnică. Și alumiul trebuie să fie cât mai curat pentru a avea o rezistență electrică mică și anume, cel mult  $1/36 = 0,02778$  ohmi pe metru și mm<sup>2</sup>, la 20 grade C.

Alumiul împreună cu alte corpuri formează aliaje mult întrebuintate; astfel sunt: duralumiul din cupru, magneziu, mangan și siliciu (el are o mare rezistență mecanică și de aceea se întrebuintează la construirea avioanelor), aldreyl din aluminu, magneziu, siliciu și mangan (folosit pentru construirea liniilor electrice), etc.

Alumiul nu este atacat ușor de agenții atmosferici; este atacat însă de leșii și săruri. În aer se acopere cu un strat subțire de oxid, care îl apără împotriva unei oxidări mai adânci. Această pojghiță este însă foarte rea conducătoare de electricitate și, de aceea, când se leagă două conducte de aluminu ea trebuie să fie îndepărtată.

Alumiul poate fi prelucrat ușor prin mijloace mecanice, (se laminează și se forjează) și poate fi turnat.

Lipirea conductelor nu este durabilă, sudura însă se poate executa bine dar cu metode și cu un material special.

Alumiul are o rezistență electrică cu aproximativ 60% mai mare decât a cuprului, însă este mult mai ușor și anume pe când cuprul cântărește 8,9 kg pe dm<sup>3</sup>, alumiul numai 2,75 kg pe dm<sup>3</sup>. De aceea întrebuintarea alumiului este avantajoasă, dacă prețul lui este, cel mult, dublul prețului cuprului.

Este indicat pentru a fi folosit, în special, pentru liniile electrice de mare tensiune. Ca să fie destul de rezistent, se construiesc deseori conducte având o inimă de sârmă de oțel pe care sunt înfășurate mai multe fire de aluminu care formează o funte.

Pentru liniile aeriene de joasă tensiune și pentru instalațiile interioare este preferabil cuprul.

Alumiuniul moale poate fi întrebuințat la întindere până la un efort de 7—11 kg/mm<sup>2</sup>, iar alumiuniul tare (tras la rece) poate fi folosit până la 15—23 kg/mm.

În afară conductelor din aluminu se mai fac carcase pentru ventila-toare și pentru unele mașini care trebuie să fie ușoare.

*Alama*, am văzut că este un aliaj al cuprului cu zincul; ea are cali-tatea de a rezista foarte bine la umezeală, căci nu rugineste.

Se întrebuințează în special pentru fabricarea pieselor de contact: cleme, papuci, șuruburi, piulițe, etc.

Alama se găsește sub formă de table, bare și tuburi.

*Bronzul* este și el un aliaj al cuprului, cu rezistență la tracțiune mai mare, se fac inele, roți dințate, bușe, lagăre, etc. Este folosit ca bronz turnat sau laminat.

*Plumbul* se întrebuințează în electrotehnică la fabricarea plăcilor de acumulator, a siguranțelor fuzibile, pentru cămașa de protecție a cablurilor.

*Cositorul* se întrebuințează pentru lipirea conductelor de cupru și pentru cositorirea lor. Cositorul se întrebuințează deseori în aliaj cu plumbul.

Acest aliaj se topește la 182° (pe când plumbul singur se topește la 327°, iar cositorul la 232°); de aceea acest aliaj este mai indicat să fie folosit pentru lipit conductele.

*Wolframul* sau *tungstenul* se întrebuințează pentru a se face fila-mentele lămpilor cu incandescență, intru cât se topește foarte greu, la peste trei mii de grade.

*Molibdenul* se întrebuințează pentru fabricarea suportilor filamen-telor lămpilor cu incandescență.

140. **Materialele izotante** servesc pentru a separa părțile prin care cir-culă curentul electric, între ele, de alte corpuri sau de pământ.

Prin urmare, materialele izotante sau izolatoarele împiedică contactul direct între conductori și, deci, scurt-circuitele.

Izolatoarele trebuie să aibă anumite calități, sau *proprietăți electrice*.

Ele trebuie să aibă o mare rezistență ohmică. Ar trebui să nu lase deloc să treacă curentul electric; totuși, practic, nu se pot găsi asemenea corpuri izotante. Unele lasă să treacă un curent mai mic, iar altele un curent mai mare. Acesta este *curentul de scurgere prin izolanți*. Firește că sunt cu atât mai buni cu cât curentul este mai mic.

Ei trebuie să aibă o mare rezistență, la străpungere, adică izolantul trebuie să suporte o tensiune electrică cât mai mare, fără ca să permită tre-cerea unui curent important. La o anumită tensiune izolatorul este stră-puns printr'o scântee electrică. Tensiunea la care se produce străpungerea unui strat izolator de 1 mm se numește *tensiune la străpungere, rezistență la străpungere* sau *rigiditate dielectrică*.

Este necesar ca această tensiune să fie cât mai mare.

*Proprietăți mecanice*. Izolanții trebuie să fie durabili și să reziste la îndoire, lovire, etc.

*Proprietăți termice*. Se cere unui izolanț să aibă *conductibilitate ter-mică* cât mai mare, pentru ca să poată împrăștiia lesne, în aer, căldura produsă în conductor prin efectul Joule-Lenz. De asemenea, izolanții tre-bue să aibă *stabilitate termică*, adică trebuie să nu-și piardă calitatea de izolanți chiar la temperaturi înalte.

*Proprietăți higroscopice și altele.* Cu cât un izolanț este mai puțin higroscopic, adică absoarbe mai puțin apă, cu atât este mai bun. Izolanții nu trebuie să fie atacați de acizi.

**141. Diferitele feluri de izolanți. Izolanți gazoși.** Cel mai important este aerul. În condițiunile obișnuite de temperatură și presiune aerul nu lasă să treacă curentul electric.

În anumite condițiuni și dacă tensiunea între doi conductori crește, ajunge un moment când aerul este străpuns prin efluvii, care se recunosc după colorarea albastruie sau violetă din jurul pieselor conducătoare de electricitate. Dacă tensiunea crește mai mult se produce o străpungere a izolanțului prin formarea unui arc voltaic.

**Izolanți lichizi.** Cel mai important este uleiul, cu care se umplu cutiile transformatoarelor, întrerupătoarelor și a altor aparate. Cu uleiul se face și îmbibarea hârtiei folosită ca izolanț.

Uleiul, pentru transformatoare în special, trebuie să aibă neapărat anumite calități: el este un ulei mineral fără impurități și mai ales fără apă (apa chiar în cantitate foarte mică îi reduce enorm calitățile izolatoare). Uleiul mai are o calitate, el ia direct căldura dela părțile prin care trece curentul electric și, prin curenți, o pune în contact cu pereții rezervorului sau vasului în care se află și în felul acesta se produce răcirea.

**142. Materii izolante solide. Corpuri minerale :**

a) **Marmora** se întrebuințează sub formă, de plăci groase, la tablouri pentru instalațiile de joasă tensiune (forță și lumină).

Sunt marmore de diferite feluri; preferabilă este marmora albă, fără vine. Acest material izolanț poate fi ușor prelucrat (găurit și șlefuit), are o rezistență electrică destul de mare și nu este combustibilă. Partea din față pe care se așază siguranțele și alte aparate electrice se șlefuește.

b) **Ardezia.** Se întrebuințează ca izolanț, în formă de plăci, pentru întrerupătoare, la siguranțe de joasă tensiune, etc.

c) **Asbestul** are marea calitate de a rezista la temperaturi înalte. Din el se fabrică panglici, funii, carton, etc., folosite pentru izolarea înfășurărilor mașinilor electrice și la diverse aparate. Deoarece asbestul absoarbe apa, el trebuie să fie acoperit sau îmbibat cu lacuri și rășini.

d). **Mica** este un mineral care se desface în foi foarte subțiri, rezistă la temperaturi înalte și nu absoarbe apa.

Deoarece în natură, în general, nu se găsesc decât plăci de o suprafață mică, pentru a putea fi folosită ca izolanț, trebuie să fie preparată în mod special. Astfel sunt: micașita, formată din bucățile de mică lipite cu un lac, micașia, format din hârtie, pe care este lipit un strat de mică, și altele.

Diferitele preparate de mică sunt întrebuințate la mașinile electrice pentru izolarea rezistențelor aparatelor de încălzire, etc.

**Materiale ceramice.** Dintre materialele ceramice, cel mai întrebuințat este porțelanul. Din porțelan se fabrică diferite piese pentru joasă tensiune, ca socluri, mânere, suporturi de înfășurări, izolatori pentru conducte electrice. Pentru înaltă tensiune porțelanul este folosit la fabricarea izolatorilor de diverse tipuri, pentru atârnat firele electrice, sau pentru susținerea părților conducătoare ale aparatelor electrice: separatoare, întrerupătoare, etc. Porțelanurile se fabrică din caoline și anumite argile. Materia primă este fărâmițată și măcinată fin, apoi amestecată bine cu apă. Particulele de fier, care s'ar găsi în materia primă și care micșorează rezistența izolatorului, sunt înlăturate cu ajutorul unor electro-

magneți puternici. Masa, astfel preparată, capătă forma necesară prin diferite prelucrări, prin rotire, turnare și presare.

După aceasta, corpurile, astfel preparate, sunt uscate și încălzite la circa 850°; părțile care trebuie protejate special sunt acoperite apoi cu anumite substanțe și sunt supuse la temperaturi înalte de circa 1450°. Îmbrăcămintea se vitrifică prin încălziri și dă glazura.

Stearitul este un alt material ceramic, care se face din o piatră de talc arsă la temperaturi înalte. Este întrebuințat pentru mici piese de instalații.

Sticla este tot un produs ceramic. Se întrebuințează la fabricarea izolatoarelor de linii electrice pentru telefoane. Este un izolant inferior porțelanului.

143. *Izolanți din fibre.* Se folosesc *fibre naturale*, obținute din plante: cânepă, in și bumbac, precum și fibre de origine animală, lână și mătase naturală.

Bumbacul este izolantul întrebuințat pentru conductorii mașinilor electrice. El este impregnat cu o materie care îi sporește puterea izolantă și îl apără de umiditate.

Pentru a se spori puterea mașinilor electrice s'a căutat a se folosi, în unele cazuri, izolanți care să reziste la temperaturi mai înalte decât bumbacul.

S-au executat țesături de asbest și de sticlă. Acestea au avantajul că nu ard și rezistă la temperaturi înalte; țesătura de sticlă mai are și avantajul că este foarte fină.

Înafara fibrelor naturale se întrebuințează mult și *fibre artificiale*. Ele se împart după lungimea firului în mătase artificială și celofibră.

*Mătasea artificială* este din fire lungi și strălucitoare.

*Celofibra* este făcută dintr'un amestec de fibre, cu lungime de 5—15 cm, și care sunt făcute din celuloză. Materia primă pentru fibrele artificiale este celuloza. În compunerea bumbacului ea este aproape curată, în lemn, dimpotrivă; este legată cu lignina. Prin tratamente chimice se poate libera de lignină. În urmă, celuloza este disolvată în anumite substanțe și apoi este împinsă prin site prin care ies firele. Disolvanțul este îndepărtat prin evaporare sau prin băi speciale.

Fibrele de celuloză se deosebesc după disolvanțul întrebuințat.

144. *Izolanți din materiale obținute artificial.* a) *Pe bază de albumină*, cu adaos de formaldehidă, se obțin diferite materiale cunoscute sub numele de galalit, sirolit, etc.

b) *Pe bază de celuloză* se obține fibra și anume din materie fibroasă obținută din arbori sau din hârtie de celuloză, tratată cu anumiți agenți chimici, precum clorura de zinc. Materialul obținut se poate prelucra la strung, se poate găuri, etc.

Celuloidul este făcut din nitroceluloză, este ușor de prelucrat, dar are dezavantajul că este combustibil.

Celonul este obținut tot pe bază de celuloză și se aseamănă celuloidului.

c) *Policondensate.* Se întrebuințează o serie de substanțe cunoscute sub numele de rășini naturale. Astfel este: colofoniul (sacazul) extras prin distilare de rășină de brad, copalul dintr'un arbore din regiunea tropicală și shellacul (citește șelac), care este datorit înțe-

păturilor pe care le face o insectă în unii arbori din India. Asemenea rășini sunt întrebuințate disolvat și, cel mai adeseori, cu scopul de a lega alți izolanți, de a impregna, etc.

S'a constatat că unele corpuri prin diverse tratamente chimice pot fi transformate în substanțe asemănătoare cu rășinile și care au fost numite *rășini artificiale*. Ele se obțin în special din *fenol* și *formaldehidă*. Între acestea cea mai importantă este bachelita obținută din formaldehidă și fenol tratați cu amoniac sau var stins. Din bachelită se fac, prin presare, capacele de întrerupătoare, mânere, etc.

O altă rășină este glyptalul, care este folosit ca material de legătură pentru a lipi mica și a se obține micanitul.

d) *Potimerizate*. Prin polimerizarea moleculelor se obțin de asemenea mase plastice. Astfel este trolitul sau polistirolole, clorura de polivinil, care este cunoscută sub numele de Igelit sau mipoan.

145. **Cauciucul** este o hidrocarbură naturală, adică un corp compus din cărbune și hidrogen. El se găsește în sucule lăptos al unor plante din regiunea ecuatorului. Cauciucul natural se disolvă în uleiuri, eter, petrol, etc. El nu se poate întrebuința în electrotehnică, deoarece încălzit la 50—60° devine moale și lipicios, iar peste 100° devine lichid. Sub 10° este sfărâmiços.

Pentru ca să-și păstreze proprietățile de elasticitate și tărie între —20° și 100°, se amestecă cu sulf în proporție de 5—20%. Acesta este cauciucul vulcanizat, care are și rezistență mecanică și este și elastic. Acest cauciuc servește la izolarea conductorilor și cablurilor, la fabricarea benzilor izolante.

În contact cu cuprul îl atacă, deoarece conține sulf. De aceea, la fabricarea conductorilor izolați, primul strat este de cauciuc natural.

Cauciucul este un foarte bun izolanț dar nu se întrebuințează la izolarea conductorilor din mașinile electrice pentru că se disolvă în uleiuri (deci în cazul transformatoarelor nu poate fi folosit) și apoi, fiind elastic, nu asigură executarea unor înfășurări destul de solide.

**Ebonita**. Cauciucul vulcanizat cu mult sulf dă ebonita care se lucrează ca și lemnul. Se întrebuințează foarte mult la fabricarea aparatelor electrice; are însă dezavantajul că arde.

Pe lângă cauciucul obținut pe cale naturală mai există și cauciuc obținut artificial, care, uneori, are calități mai bune decât cel natural.

**Gutaperca**. Se obține din seva unui arbore din regiunile calde; se întrebuințează la izolarea cablurilor.

146. **Diversi izolanți compuși**. *Pertinaxul*, care este o placă din straturi de hârtie impregnate cu bachelită și presate la cald; *textolitul* din straturi de țesături de bumbac impregnate; *faneritul* (de la cuvântul rusesc fanera = placaj) se face prin presare la cald a unor foi de placaj între care s'a interpus hârtie impregnată cu bachelită.

**Cartonul comprimat** (presspan) este foarte mult folosit la mașinile electrice.

Mai bun este *leteroidul*, care este carton tratat chimic.

**Bitumul și asfaltul** sunt buni izolanți dar au dezavantajul de a se topi la o temperatură joasă.

147. **Tratarea materialelor izolante**. Am văzut din cele mai sus arătate că unii izolanți pot să fie folosiți aproape în starea în care îi găsim în natură, cum este cazul marmorei. Alții trebuie să sufere prelucrări industriale, uneori destul de importante: cauciucul, rășinile, etc.

Trebue să atragem atenția în mod special că unii dintre izolanți ca materiile fibroase, hârtia, mica, au o preparare anumită și anume prin impregnare cu o materie izolanță introdusă în formă lichidă. Scopul acestei impregnări este de a umple spațiile lor libere foarte mici care, altfel, ar rămâne umplute cu aer, ceea ce le-ar micșora mult puterea izolanță, mai ales că asemenea corpuri pot ușor absorbi apa.

Impregnarea se poate face prin simplă *cufundare*, prin impregnare în *vid* sau sub *presiune*. Materialele de impregnare sunt variate: uleiul mineral, bitum, rășini naturale și artificiale (între care în special schellacul, lacuri, etc.).

Progresele sovietice din ultimul timp în domeniul izolației sunt importante și interesante. Astfel au apărut izolanți ca:

*Materiale din fibră de sticlă.* Sticla se trage în fire foarte subțiri de 0,005 mm, dintr-un kg scoțându-se 20 000 km fire. Se remarcă prin rezistență la temperaturi înalte și la agenți chimici.

*Viniflex* care este un email sintetic preparat de profesorul sovietic K. A. Andrianov, este un material sintetic foarte durabil întrebuințat pentru bobinaj.

*Pelicle sintetice* pentru izolanți între bobinaj și corpul mașinii.

*Lacuri silicon.* În institutul chimico-tehnologic „Mendeleev” din Moscova s’au obținut interesante combinații chimice între siliciu și materii organice, cum sunt disilocsanul, polisilocsanul, etc.

În U.R.S.S. din aceste substanțe se fabrică grupurile de materiale cunoscute sub numele: micanită, textolit, lac izolanț.

### Întrebări recapitulative

1. Care sunt principalele feluri de materiale întrebuințate în electrotehnică?
2. Care sunt întrebuințările mai importante ale materialelor feroase?
3. Cum se execută părțile mașinilor străbătute de flux variabil?
4. Ce condiții trebue să îndeplinească fierul și oțelul magnetic?
5. Prin ce dată se caracterizează tabla pentru transformatoare și mașini electrice?
6. Ce calități electrice are cuprul? Comparați-l cu alumiuniul.
7. Comparați alumiuniul și cuprul din punct de vedere al proprietăților mecanice.
8. Care sunt întrebuințările electrotehnice la care cuprul este mai bun decât alumiuniul?
9. Cum trebue să fie prelucrat cuprul pentru diferite scopuri?
10. Din punct de vedere al rezistenței la acțiunea agenților atmosferici, cum este cuprul și cum este alumiuniul?
11. Ce greutăți prezintă legarea conductorilor de alumiuniu?
12. Ce întrebuințări are în electrotehnică alama, bronzul, plumbul, cositorul, wolframul, molibdenul?
13. Ce sunt izolatoarele?
14. De câte feluri sunt?
15. Ce proprietăți trebue să aibă?
16. Numiți câteva izolatoare ale căror rigiditate dielectrică este mai mare.

17. Ce fel de izolan<sup>t</sup> este aerul?
18. Care sunt proprietă<sup>ți</sup>le uleiului?
19. Numi<sup>ți</sup> principalii izolan<sup>ți</sup> minerali.
20. Care sunt utilizările lor?
21. Arăta<sup>ți</sup> care sunt izolatoarele din fibre naturale. Ce întrebun<sup>ți</sup> au?
22. Numi<sup>ți</sup> fibre artificiale.
23. Ce rășini naturale sunt folosite?
24. Ce rășini artificiale cunoaște<sup>ți</sup>?
25. Ce este cauciucul?
26. Cum se preluc<sup>rează</sup> cauciucul pentru a fi folosit în electro<sup>tehnică</sup>?
27. De ce nu se întrebun<sup>țează</sup> cauciucul ca izolan<sup>t</sup> la transforma<sup>toare</sup> și mașini electrice?
28. Ce măsura<sup>se</sup> ia la folosirea cauciucului vulcanizat, ca izolan<sup>t</sup> pentru conductele electrice?
29. Ce este ebonita? Gutaperca?
30. Pentru ce scopuri se folosesc izolatoarele ceramice?



## PARTEA II

### APLICAȚIILE ELECTRICITĂȚII

#### XV. CENTRALE ELECTRICE

148. **Generalități asupra centralelor electrice.** Întrebuintările electricității sunt foarte numeroase. Aproape nu mai există vreun fel de activitate productivă care să nu aibă nevoie de electricitate. De aceea se cer să fie produse cantități din ce în ce mai mari de electricitate.

Industrializarea R. P. R., dezvoltarea folosirii electricității la orașe, introducerea ei în agricultură etc., necesită cantități importante de energie electrică.

Producerea electricității se face în *centrale electrice*.

Centralele mari produc *curent alternativ* și anume *trifazat*. Numai centralele mici se mai construiesc pentru a produce curent continuu.

Ne vom ocupa de centralele de curent alternativ.

O centrală electrică are următoarele părți principale :

Partea mecanică: pentru producerea forței mecanice cu ajutorul motoarelor.

Partea electrică: pentru transformarea forței mecanice în energie electrică, cu ajutorul generatoarelor electrice, și instalații pentru dirijarea energiei spre locurile de utilizare.

Părți auxiliare: pentru ateliere, depozite, etc.

Centralele se deosebesc din diferite puncte de vedere. Cea mai importantă clasificare este din punctul de vedere al modului de producere al forței mecanice.

Energia mecanică poate fi produsă de două feluri de motoare :

1. *Motoare termice* (mașini cu abur sau turbine cu abur; turbine cu gaze; motoare cu ardere internă — cu explozie sau Diesel).

2. *Motoare hidraulice* (turbine cu apă, denumite și turbine hidraulice).

Centralele cu motoare din prima categorie se numesc *centrale termoelectrice*, iar cele cu turbine cu apă se numesc *centrale hidroelectrice*.

Motoarele Diesel, pentru a funcționa, consumă motorină sau păcură. Mașinile sau turbinele cu abur sunt acționate de aburi produși în cazane; cazanele sunt încălzite cu cărbuni, gaze combustibile, lemne sau păcură. Turbina cu gaze consumă gaze sau păcură. Cărbunii, păcura, motorina, gazele și lemnele sunt „combustibili”. Deci *centralele termoelectrice consumă combustibili*.

Turbinele cu apă sunt puse în funcțiune de puterea apelor care cad dela înălțime.

Puterea este cu atât mai mare cu cât înălțimea de cădere și debitul (adică volumul de apă care cade într-o secundă) sunt mai mari.

*Centralele hidroelectrice nu au deci nevoie de combustibili*. Ele folosesc puterea apelor care nu se epuizează niciodată. În adevăr, apele râurilor ajung în cele din urmă în mări și oceane. Parte din apă se evaporază și se transformă în nori. Aceștia dând de pături de aer mai rece se condensează și formează ploi și zăpezi; fenomenul are loc în special în regiunea muntoasă. În felul acesta apa s'a reîntors în râu și își continuă apoi același drum pe care l-a mai făcut. Deci apa pe suprafața pământului face un circuit închis. De aceea energia apelor nu se epuizează niciodată.

Nu tot așa stau lucrurile cu combustibili. Aceștia s'au format în interiorul scoarței pământului, în epocile de mult trecute, când condițiunile erau potrivite.

Astfel, cărbunii s'au format din vegetația foarte bogată care acum câteva milioane de ani acoperea suprafețe mari, ale pământului, până în regiunile cele mai depărtate de ecuator. Prin urmare, pe acea vreme, era și căldură și umezeală destulă fapt care favoriza creșterea vegetației.

Arborii ruși sau doborâți, și aceștia erau desigur foarte

mulți atunci, erau cărați de ape în lacuri de ape dulci sau în lagune de mare.

Acoperit de nămol, lemnul ferit de aer nu a putrezit, dar diferitele părți componente s'au distrus, rămânând numai carbonul.

Zăcămintele de cărbuni și de păcură, lesne de scos din pământ nu se găsesc în prea multe locuri pe suprafața globului.

Odată scoși și consumați, acești combustibili nu se mai refac. Deci *energia combustibililor este epuizabilă spre deosebire de energia apelor.*

*Energia apelor constituie un mare izvor de bogăție, care trebuie folosit.*

Prin urmare este în interesul fiecărei țări să folosească cât mai mult puterea apelor și să restrângă cât mai mult consumul combustibililor. Combustibilii pot să fie mai bine întrebuințați în alte scopuri.

Astfel păcura în loc de a folosi drept combustibil în centrale, este mai bine folosită când e transformată în benzină și într-o mulțime de alte produse.

Lemnul poate să fie folosit mai bine pentru construcții, mobile, etc., în loc să fie ars.

De asemenea cărbunii pot fi transformați în foarte multe produse chimice, sau pot fi folosiți în metalurgie.

Totuși sunt cărbuni care nu au calitate pentru a scoate din ei corpuri folositoare, sau pentru a fi întrebuințați în siderurgie. Aceștia sunt ligniții cu putere calorică mică.

Asemenea ligniți avem în multe locuri din țară. În compunerea lor ei au, înafară de cărbune, unese corpuri străine și apă. Transportul le mărește prea mult costul față de valoarea redusă pe care o au din punct de vedere al puterii de încălzire.

De aceea, folosirea lor cea mai avantajoasă este cât mai aproape de gura minei din care se scot.

Planul de Stat pe cinci ani al R. P. R. prevede construirea mai multor centrale mari hidroelectrice și a unor centrale termoelectrice, în care se vor arde ligniți inferiori, pentru a produce vaporii necesari mișcării turbinelor cu vaporii.

## CENTRALE TERMoeLECTRICE

### Partea mecano-termică

149. **Centrale cu motoare Diesel.** O asemenea centrală se compune dintr'o clădire cu mai multe încăperi. În una din ele, *sala mașinilor*, sunt instalate motoarele Diesel care învârtesc generatoarele electrice.

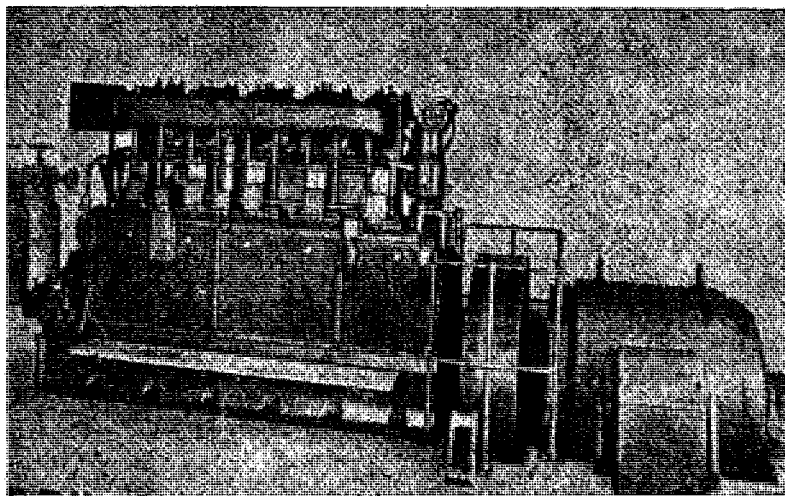


Fig. 230. — Centrală cu motoare Diesel. Sala mașinilor

Pentru depozitarea păcurei sau a motorinei sunt necesare *rezervoare*, care de obicei se fac din tablă.

Dela rezervoare, combustibilul lichid este adus prin conducte, cu ajutorul pompelor, la motoare.

Prin funcționare, motoarele se încălzesc. Ele trebuie răcite cu apă. Apa încălzită este adusă la *răcitoare*. De acolo, cu ajutorul pompelor este adusă din nou la motor.

Fiecare uzină mai are încăperi pentru atelier, magazie, birouri.

150. **Centrale cu turbine cu vapor.** Centralele mai importante sunt de acest fel. Clădirea unei asemenea centrale cuprinde părțile principale mai jos arătate :

O sală în care sunt instalate cazanele, în care se produc vapori de apă, la mare presiune și la mare temperatură.

Cu mai mulți ani în urmă, presiunea vaporilor obținuți nu trecea de 25 atmosfere; astăzi se folosesc în centralele mari presiuni de 55, 65 și chiar peste 100 atmosfere, iar temperatura de încălzire trece de 500°.

În felul acesta s'a ajuns la randamente din ce în ce mai mari pentru cazane și turbine.

Căldura pentru evaporarea apei este obținută prin arderea, în focarul cazanului, a unui combustibil, de obicei cărbuni.

Centralele mari consumă mari cantități de cărbuni. Aducerea lor necesită legătura cu liniile de cale ferată, loc de depozitare și instalații care să aducă cărbuni din depozit până la focarul cazanului. Acest transport se face de obicei prin bande transportatoare.

O bună ardere a cărbunilor de calitate inferioară se obține prin măcinarea în mori și pulverizarea lor.

În felul acesta sunt introduși în cazan printr'un curent de aer.

Sunt apoi necesare instalații pentru scoaterea cenușei rezultate prin ardere. Cantitățile de cenușă care rezultă, mai ales dela arderea cărbunilor inferiori, sunt foarte mari și trebuie instalații speciale pentru a le evacua și transporta.

Vaporii produși de cazane trec prin țevi de oțel în sala mașinilor unde sunt instalate turbinele. Planul legăturilor este astfel ca orice turbină să poată fi alimentată de orice cazan, măsură necesară pentru a asigura funcționarea chiar în cazul defectării unui cazan, al unui ventil, etc

O turbină cu vapori funcționează după principiul arătat în fig. 233.

Vaporii la mare presiune țâșnesc printr'o țeavă subțire (numită duză). Țâșnătura are o mare iuteală. În drumul ei lovește paletele unei roți pe care o învârtște.

Vaporii lovesc apoi paletele unei a doua roți, fixată pe același arbore, și așa mai departe, această acțiune se repetă cu mai multe roți (numite rotori).

După ultima, vaporii, care au pierdut foarte mult din forța lor (presiune), trec într'un vas cilindric aflat sub turbină, spre

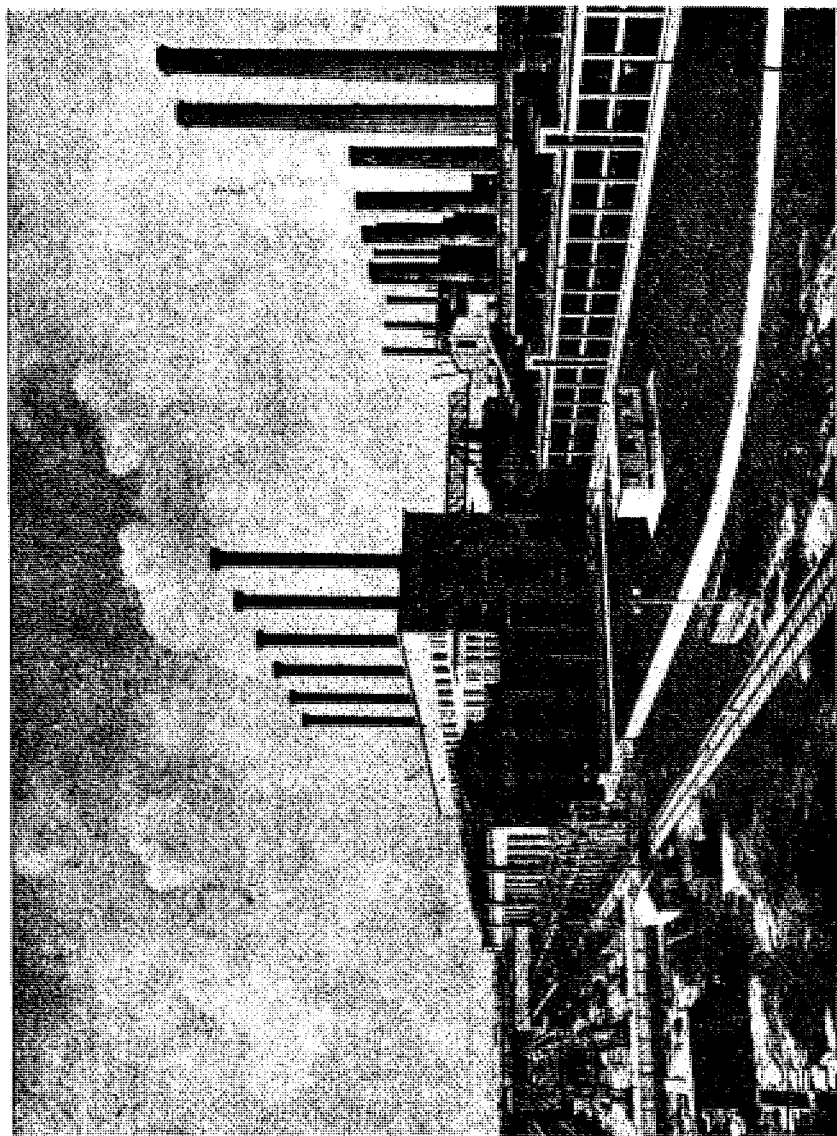


Fig. 231. — Centrală cu vapori. Vedere exterioră

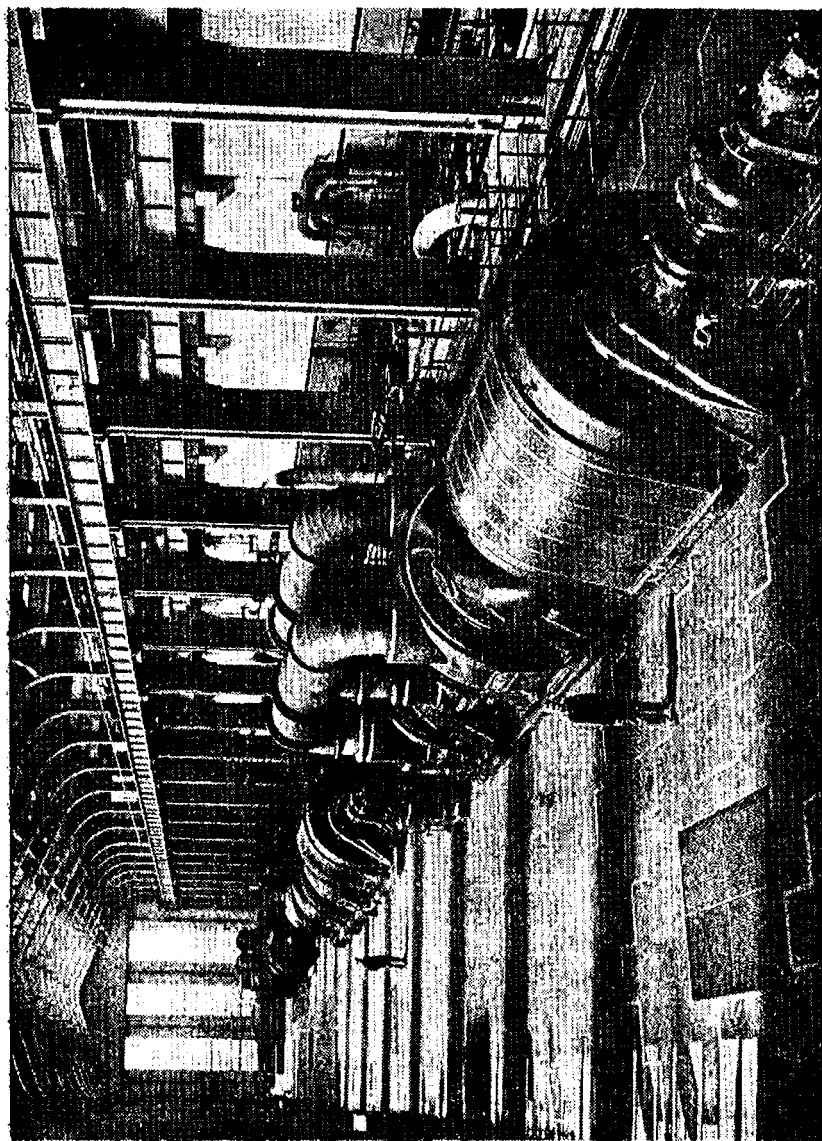


Fig. 232. — Centrală cu vapor. Sala mașinilor

a se condensa. Acesta este răcit încontinuu cu apă și se numește *condensator*.

În condensator este menținută o presiune foarte mică, de 0,04—0,07 atmosfere, deci mai puțin decât presiunea atmosferică. Spunem că în condensator este menținut un vid înaintat.

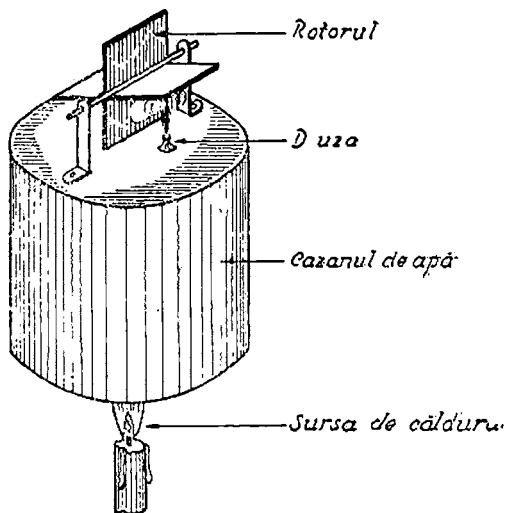


Fig. 233. — Principiul turbinei cu vapori cu acțiune

Apa condensată este împinsă din nou în cazane cu ajutorul unor pompe; acolo se evaporază iarăși și ajunge apoi din nou la turbină, și așa mai departe.

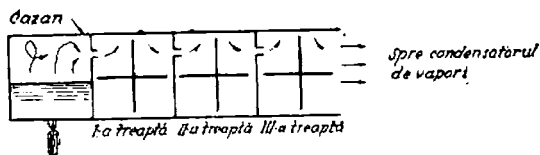


Fig. 234. — Schema unei turbine

*Deci apa de alimentare a cazanelor are un circuit închis.*

Apa de răcire a condensatoarelor are și ea un circuit închis. În contact cu condensatorul se încălzește, cu ajutorul pompelor este dusă la un răcitor, compus dintr'un basîn, deasupra căruia se găsește un coș înalt, în formă de turn. Apa caldă este lăsată



să cadă în basin, dela o anumită înălțime și vânturată prin împrăștiere. Această mișcare și tirajul coșului ajută la răcire. Apa răcită se strânge într'un basin, de unde este dusă din nou la condensatoare și așa mai departe. Deci și apa de răcire are un circuit închis.

S'a constatat că se obțin rezultate mult mai bune dacă apa introdusă în cazane este mai întâi încălzită. Această preîncălzire a apei de alimentare se face chiar cu aburi luați din turbină și anume cu acei aburi care au acționat asupra primelor roți și care, deci, au pierdut o parte din presiunea lor.

Transformările de energie și mișcare a aburului într'o centrală termoelectrică sunt arătate în graficul alăturat.

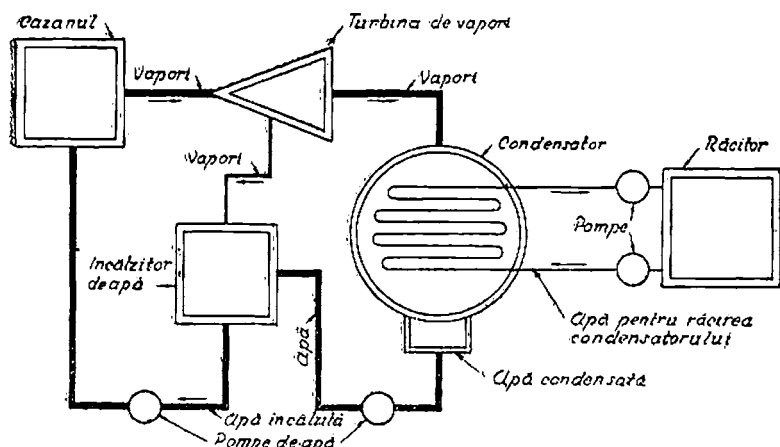


Fig. 235. — Schema termică a unei centrale

Energia conținută în cărbuni este transformată în căldură care se regăsește în vaporii de apă la mare presiune și înaltă temperatură. La această transformare sunt unele pierderi: o mică parte din combustibil se pierde cu cenușa, o parte din căldură se pierde în gazele arse care pleacă pe coș și în sfârșit altă mică parte se pierde prin radiația cazanelor și prin alte căi.

Deci din energia conținută în cărbuni, numai o parte ne dă rezultat folositor.

Raportul între cantitatea de căldură obținută în mod folositor

și cantitatea de căldură consumată prin arderea combustibilului se numește *randamentul cazanului*.

$$\eta = \frac{Q_a}{Q_d}$$

$Q_u$  este cantitatea de căldură utilă pe care o au vaporii produși.

$Q_a$  este cantitatea de căldură a combustibilului folosit.

Căldura conținută în vaporii este transformată în turbină în lucru mecanic.

Știm că dintr-o kilocalorie se obțin  $\frac{1}{426}$  kgm. Nu toată căldura ajunsă prin vaporii la turbină poate fi transformată în lucru mecanic, deoarece și aici sunt pierderi: cele mai importante sunt pierderile de căldură prin transformarea vaporilor în apă. operațiile care se face în condensator; apoi pierderi prin radiația corpului turbinei, etc

Dar nici tot lucrul mecanic produs nu este util ci numai o parte, restul fiind pierdut prin frecare, ventilație, etc. Deci, și la turbină vom avea un randament.

În sfârșit știm că generatorul electric are și el pierderi.

Am aflat, când am studiat efectul Joule-Lenz, că unui kWh îi corespund 860 de calorii.

Ar însemna că, pentru a produce un kWh, trebuie să consumăm o cantitate de combustibil care poate da această căldură.

Din cauza multelor pierderi mai sus arătate, în practică este nevoie de o cantitate de căldură cu mult mai mare și anume de cel puțin de trei ori mai mare.

În centralele electrice cele mai perfecționate se consumă aproximativ 3000 calorii pentru a produce un kWh.

Deci randamentul total este :

$$\eta = \frac{860}{3000} = 0,286$$

Adică, mai mult de 70% din căldura obținută din combustibili se pierde. Cea mai mare pierdere este în condensator

S'au făcut continuu perfecționări la cazane, turbine, etc. pentru a se mări randamentul total al unei centrale termoelectrice.

Cu cât cazanele și turbinele sunt de putere mai mare, cu atât randamentul lor este mai mare.

S'au construit în U.R.S.S. centrale termoelectrice cu turbine de câte 100 000 kW și chiar mai mult.

Se construiesc centrale cu o putere de 100 000, 200 000 și 300 000 kW.

*Servicii auxiliare.* În centralele termoelectrice moderne, înafara instalațiilor principale, cazane și turbine, mai sunt multe instalații auxiliare: pompe pentru alimentarea cu apă a cazanelor, pompe pentru apa de răcire a condensatoarelor, moile pentru măcinat cărbunele, instalațiile pentru mișcat benzile de transportul cărbunelui, pentru evacuarea cenușei și sgurei, poduri rulante, ascensoare, asigurarea tirajului coșului, etc.

Pentru a fi acționate, toate acestea cer energie, deci din producția unei centrale o parte se consumă pe loc.

În regimul economiei planificate trebuie dusă cea mai hotărâtă luptă pentru reducerea la maximum a consumului propriu al uzinelor, coeficientul de reducere fiind un indicator al bunei organizări și al chibzuitei gospodăririi a uzinei.

În centralele mai vechi, unele din serviciile auxiliare erau executate de oameni: de exemplu transportul cărbunilor, scoaterea cenușei, etc.

Am arătat că o centrală termoelectrică are nevoie de apă, pentru alimentarea cazanelor. Dar cantități cu mult mai mari sunt necesare pentru răcirea condensatoarelor.

Dacă în apropierea centralei este un râu, se ia apa de răcire de acolo și se trece prin condensator.

Dacă nu este o apă curgătoare se întrebuintează aceeași apă în circuit închis, după cum am arătat, răcirea făcându-se cu ajutorul turnurilor de răcire.

Sistemul acesta este mai scump căci trebuie pompe care să împingă cantitățile mari de apă necesară.

De aceea se caută întotdeauna să se așeze centralele termoelectrice în apropierea unui râu.

*Supravegherea funcționării centralei.* O centrală termoelectrică are numeroase aparate care arată modul cum funcționează diferitele instalații.

Acestea sunt așezate pe tablouri, în sala cazanelor sau în camere separate. În centralele mari aparatele de control și su-

praveghere au un rost dintre cele mai importante. Camera în care sunt instalate, numită cameră de „comandă”, se face de multe ori comună și cuprinde atât aparatele de supraveghere pentru cazane și turbine cât și aparatele care supraveghează și comandă partea electrică.

Energia electrică produsă de marile uzine termice cu turbine cu aburi este mai ieftină decât aceea produsă cu motoare Diesel. În plus, asemenea uzine pot folosi cărbuni de calitate inferioară, din care avem mari cantități, și cărora nu le putem da o altă utilizare mai bună.

**151. Centralele hidroelectrice.** Centralele hidroelectrice se aseamănă întrucâtva cu morile de apă. Se compun din turbine care sunt niște roți cu palete, mișcate de puterea apelor. Această putere este cu atât mai mare, cu cât debitul este mai mare, și cu cât înălțimea dela care cade pe roată este mai mare.

Locul unei centrale hidroelectrice se alege de obicei pe un râu repede de munte, care are deci o diferență de nivel mare între două puncte. Asemenea râuri de munte în general nu au debite mari. O uzină de acest fel va folosi deci un debit mic într-o cădere de înălțime mare.

Alte centrale hidroelectrice sunt instalate pe porțiunea râurilor din regiunea dealurilor sau chiar din câmpie. În aceste locuri panta râului nu mai este mare în schimb, însă cursurile au debite mari, căci până acolo au primit mulți afluenți.

Centralele hidroelectrice instalate pe asemenea porțiuni de râu se vor caracteriza deci prin *înălțimi mici de cădere, dar prin debite mari*. În țara noastră avem multe râuri de munte pe care se pot construi centrale hidroelectrice cu mare cădere.

De asemenea avem locuri potrivite și pentru construirea de centrale de joasă cădere. Dintre acestea din urmă notăm centralele hidroelectrice care se pot construi pe Dunăre, în regiunea Porților de Fier și mai în sus, a căror putere va fi foarte mare.

Să descriem cum este construită o centrală hidroelectrică.

Într'un loc potrivit pe râu se construiește un stăvilar (baraj) care oprește curgerea apei mai departe. Asemenea stăvilare se fac de cele mai multe ori din beton. Ele sunt deci niște ziduri care se întind dela un mal la altul. Uneori stăvilarul se construiește prin îngrămădire de piatră sau de pământ. În astfel de cazuri trebuie să se facă pe deasupra o îmbrăcămintă specială de

beton, pentru ca să nu treacă apa. Stăvilarele acestea se construiesc din ce în ce mai înalte, pentru ca îndărătul lor să se poată strânge cât mai multă apă. S'au construit stăvilare care trec de 200 m.

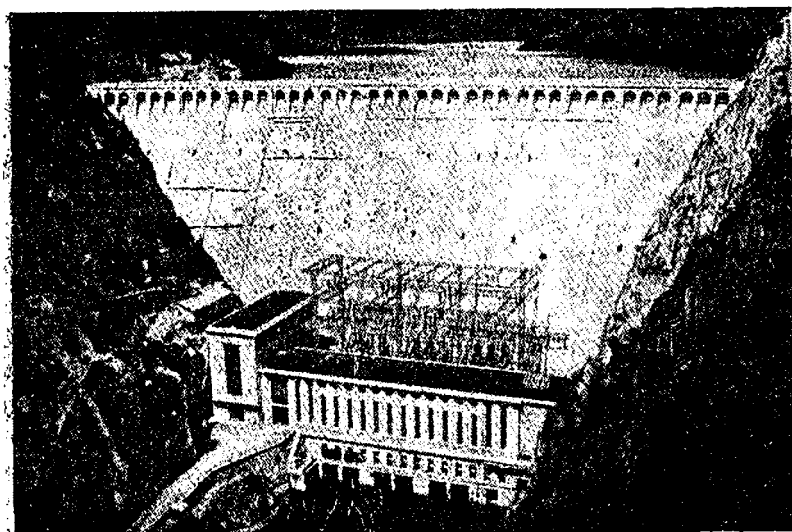


Fig. 236. — Baraj

Executarea stăvilarelor este în general o lucrare grea; trebuie găsite locuri potrivite, cu maluri destul de solide, în care să se lege zidul stăvilarului; fundațiile trebuie să fie pe pământ stabil și de aceea trebuie săpate la mare adâncime, uneori la 10, 15 m și chiar mai mult.

Nu toată apa râului poate fi strânsă în lacul care se formează îndărătul barajului, o parte este lăsată să curgă în albia râului, peste o muchie a zidului numită *deversor*. Apa căzând peste un asemenea *deversor* dela o mare înălțime poate să producă stricăciuni serioase la baza barajului. De aceea, executarea *deversorului* trebuie făcută după anumite reguli tehnice. Dar trebuie să mai spunem și altceva despre *deversor*: uneori apele râului vin extraordinar de mari, după ploi sau după topirea zăpezilor. Dacă nu ar fi *deversorul*, ele ar inunda terenurile și ar

putea chiar să producă distrugerea barajului. De aceea deversorul trebuie să fie calculat în așa fel, încât peste el să poată trece lesne chiar cele mai mari ape ale râului.

Uneori stăvilarul are niște porți, care se pot ridica și se pot lăsa în jos după voie. Ele se numesc *vane* și sunt de diferite forme. La apele mari, vanele sunt ridicate în sus și apa poate trece lesne. Vanele sunt puse în mișcare cu motoare electrice; se construiesc însă și vane care se mișcă singure după cum este nivelul apei: dacă apele cresc, vana se lasă în jos și lasă trecerea liberă, dacă apele scad, vana se ridică în sus. Acestea se numesc *vane automate*.

Ce se face cu apa strânsă în lac? Dela această reținere pleacă un canal care, pe cât se poate, merge aproape orizontal până într'un loc, de unde apa va porni repede spre centrală. Canalul poartă numele de *conductă de aducțiune*. Această conductă poate fi făcută în mai multe feluri. Uneori este o galerie sau tunel, săpată în stâncă, alteori o conductă de beton armat sau o conductă de metal, sau chiar o conductă din doage de lemn, legate bine cu cercuri de oțel. Conducta de aducțiune poate să fie, în unele cazuri, și un simplu canal deschis de beton sau chiar de lemn.

La capătul de jos al conductei de aducțiune se contruiește o *cameră de apă*. De acolo pleacă una sau mai multe conducte care duc apa la turbinele centralei. Ele merg pe drumul cel mai scurt, pe *linia de cea mai mare pantă*, (dacă am merge în sus, pe drumul unei asemenea conducte am spune că am luat coasta în piept). Înălțimea dela care coboară apa dela camera de apă până la centrală este *căderea de apă a centralei*. Prin urmare, lucrările care le-am descris până acum au de scop să capteze apa și s'o aducă până la camera de apă. În felul acesta s'a creat în mod artificial o cădere de apă. Prin urmare trebuie să ținem seama că atunci când se vorbește de căderi de apă la centrale hidroelectrice, nu este vorba de un șuvoiu de apă care cade liber dela o înălțime, așa cum se întâmplă la o roată de moară. Căderea de apă este de fapt ascunsă în conducta care coboară dela camera de apă. Aceste conducte se fac din oțel, nituite sau sudate cu o grijă deosebită, deoarece presiunea în ele este foarte mare. La o cădere de 500 m presiunea este de 50 atmosfere. De aceea ele se numesc *conducte forțate*.

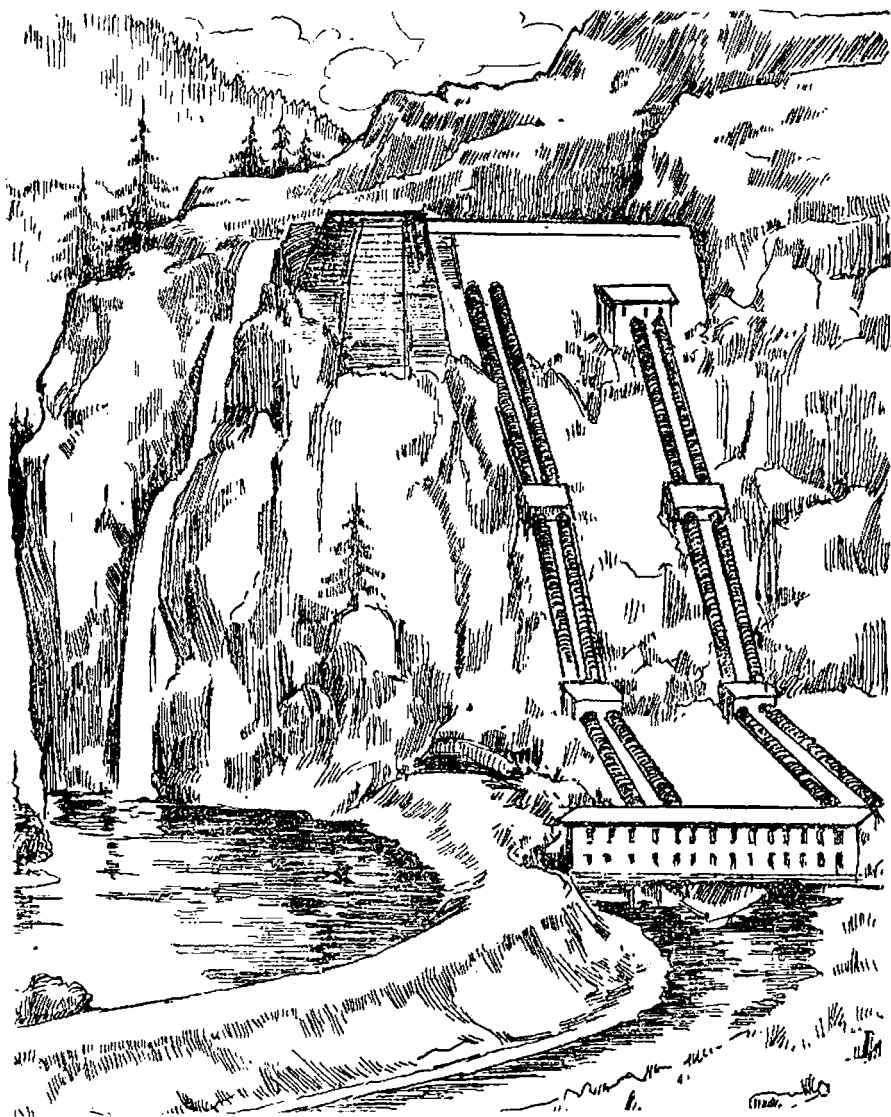


Fig. 237. — Vederea generală a unei centrale hidroelectrice

La capătul de plecare al unei conducte forțate, sus, sunt instalate robinete speciale care se închid singure, când din cauza unui accident conducta s'ar sparge. Pe drumul ei, conducta este prinsă din loc în loc în masive de beton, bine înrădăcinate în pământ. La capătul de jos se găsește *centrala hidroelectrică*. În ea, partea principală este *sala mașinilor*, în care se află turbinele cuplate cu generatoarele de curent electric.

Conducta forțată se ramifică la fiecare turbină. Apa, după ce a trecut prin turbină și a acționat asupra roții, se scurge în *canalul de fugă*, care trece prin subsolul sălii mașinilor, și se întoarce apoi în albia râului din care a fost luată. Înaintea fiecărei turbine se găsesc ventile speciale, care pot fi închise și deschise. Fiecare turbină are un regulator, care provoacă închiderea și deschiderea unor orificii, prin care apa ajunge la roata turbinei. Dacă puterea ce se cere turbinei este mică, regulatorul închide mai mult admisiunea apei și o deschide dacă puterea cerută este mai mare. Regulatorul funcționează în mod automat. Turbinele sunt de mai multe feluri. Pentru înălțimi mari de cădere, turbina este compusă dintr-o roată pe care sunt fixate de jur împrejur cupe de forma unor linguri. Printr'un injector, apa iese cu mare viteză și țâșnește în cupe producând învârtirea roții. Turbinele pentru căderile joase sunt tot roți, cu palete, dar acțiunea apei nu se mai produce prin împănare ca mai sus ci întocmai ca la o stropitoare de grădină. Turbinele pot fi instalate cu arborele orizontal sau vertical. Centralele mari sunt în general construite cu arborele vertical. Părțile auxiliare ale unei centrale hidroelectrice nu sunt complicate ca acelea ale unei centrale termoelectrice.

După cum se vede, o centrală hidroelectrică are o construcție simplă în ceea ce privește partea mecanică. În schimb însă, barajele și conductele sunt lucrări grele și foarte scumpe de executat. De multe ori, aceste centrale trebuie făcute în munți, în locuri foarte depărtate de localități, unde nu sunt nici drumuri. În asemenea cazuri, lucrările trebuie începute prin a se face șosele sau linii ferate.

Din cauză că energia apelor este foarte prețioasă, ea trebuie să fie cât mai bine folosită. Se caută întotdeauna să se realizeze *amenajări integrale*. Ce înseamnă această? Este bine ca un râu să fie folosit pe toată lungimea lui, adică să nu se piardă ni-



mic din înălțimea lui de cădere. Am văzut că apele sunt captate într'un punct al râului și sunt apoi restituite în alt punct mai jos. Rațional este ca în acel punct să se facă o a doua captare pentru altă centrală care să se instaleze mai jos. În felul acesta nu se pierde nimic din înălțimea de cădere a unui râu. Dar, am văzut că mai este un element care determină puterea apelor, anume debitul. Este bine ca să nu se piardă fără folos nicio picătură din apa unui râu. Adică toată apa să fie trecută prin turbine. Lucrul acesta ar fi ușor posibil, dacă debitul râurilor ar fi același în tot timpul anului. Lucrurile însă nu sunt așa. Primăvara, din cauza topirii zăpezilor, apele sunt foarte mari, apoi încep să scadă, mai ales în timpul verilor secetoase. Toamna, când vin ploile, apele cresc din nou, și, în sfârșit, iarna, din cauza înghețului, apele sunt foarte scăzute. Iată cât este de neregulat un curs de apă! Ce este de făcut?

Trebue făcute baraje cât mai înalte, pentru ca îndărătul lor să fie lacuri de reținere cât mai mari. În ele se vor strânge apele mari, care vor fi folosite atunci când debitele sunt scăzute. Numai în felul acesta se poate ajunge la o folosire aproape totală a apelor și deci realizarea amenajarea integrală.

Dar barajele mai servesc și altor scopuri: apele mari de primăvară produc deseori inundații, care pot provoca dezastre. Dacă avem pe râuri lacuri mari de reținere, ele vor strânge aceste ape mari și vor împiedeca efectele vătămătoare ale revărsărilor. Iată deci cum putem stăpâni această forță naturală, s'o îmblânzim și s'o punem în folosința oamenilor. În planul de Stat pe cinci ani al R. P. R-ului se vor executa mai multe baraje pentru producerea de energie electrică și pentru stăpânirea apelor. Dar apele folosesc nu numai pentru producerea de energie electrică, ci și pentru alte scopuri: pentru *irigație* și pentru *navigație*. Sunt multe regiuni în R.P.R. care au nevoie de irigație în anumite epoci ale anului, când ploile sunt rare și nu vin la timp.

Prin irigații nu vom mai fi dependenți de variațiile climatei.

În sfârșit, multe râuri din R.P.R. pot fi făcute navigabile dacă ele ar avea un debit suficient în tot timpul anului. Apa strânsă în lacurile de reținere va putea servi și pentru aceste scopuri.

**152. Marile realizări hidrotehnice ale U.R.S.S.** La lucrările hidrotehnice ce se vor face pe râurile noastre, trebue să ne fie

ca îndemn și exemplu marile realizări ale U.R.S.S. Dintre acestea, vom descrie câteva care au uimit pe oamenii tehnici de pretutindeni. Astfel este uzina hidroelectrică de pe Nipru (Dneproghes). Această măreață lucrare care a adus o importanță contribuție la electrificarea U.R.S.S. a fost executată în anii 1927—1932. Dar în timpul războiului a fost distrusă de trupele germane în retragere; ea a fost însă repede refăcută, în cadrul celui de al patrulea plan cincinal.

Niprul este un fluviu mare, al treilea din Europa, după Volga și Dunăre, care se varsă în Marea Neagră, aproape de orașul Cherson. Lungimea lui este de 2283 km, iar debitul variază între 1270 și 23 000 m<sup>3</sup>/s. Încă din vremurile vechi el a fost folosit drept cale navigabilă, pentru că străbate regiuni bogate. Însă, pe o porțiune cuprinsă între Dnepropetrovsk și Zaporijie, pe o distanță de 100 km, navigația era întreruptă din cauza stâncilor care se ridică foarte dese din apă și sunt foarte periculoase pentru vapoare (cam asemănătoare este situația pe Dunăre la Porțile de Fier). Pe această porțiune erau cataracte prin care apele fluviului curgeau cu mare furie. În jos de cataracte, locul era potrivit pentru construirea unui baraj, căci malurile sunt stâncoase, de asemenea și albia, fiind făcută din granit. Lucrările pregătitoare au fost și ele foarte mari. Numărul lucrătorilor stabiliți pe șantier s'a ridicat la 25 000.

S'a construit o centrală electrică provizorie de 13 000 kW, pentru ca să alimenteze toate mașinile care erau folosite la lucrări. S'au instalat 100 km de cale ferată, pe care circulau 50 de locomotive. Lucrările propriu zise se pot rezuma în câteva cifre care arată cât de măreață este realizarea: s'au sărămat și s'au scos 1,8 milioane m<sup>3</sup> de stâncă, s'au turnat pentru fundarea barajului 1,15 milioane m<sup>3</sup> de beton, s'au mișcat 3,4 milioane m<sup>3</sup> de pământ și s'au montat 25 000 tone de construcții metalice.

În ce constă această lucrare?

După clasificarea pe care am făcut-o mai sus, este o centrală cu debit foarte mare și cădere mică.

Lucrările constau în următoarele: de-a-curmezul râului s'a construit barajul din beton, în formă curbă. Toată lungimea barajului a fost împărțită în 47 de panouri, cu o lățime de 13 m. Aceste panouri sunt despărțite între ele prin ziduri de câte 3,25 m grosime, numite pile. În dreptul fiecărui panou se găsește câte o vană mobilă, care se poate ridica și coborî. Această

parte constituie deversorul barajului, căci, prin ridicarea vanelor, apa se poate scurge liber. Nivelul cel mai de sus al apei care se adună îndărătul barajului este la 51,2 m deasupra fundului.

Lacul format are o lungime de 150 km și un conținut de apă de 3 miliarde m<sup>3</sup>. Pe malul stâng sunt construite ecluzele. Ele sunt niște camere al căror nivel de apă poate fi ridicat sau coborât după voie, umplându-le sau golindu-le cu ajutorul pompelor. Ecluzele fac posibilă navigația. Într'adevăr, nivelul apei din lac, după cum am văzut, este cu mult mai sus decât nivelul apei din jos de baraj. Dacă vine un vas din susul râului, nivelul de apă în camera ecluzei este ridicat la înălțimea apei din lac. Vasul intră cu ușurință în această cameră. Treptat apoi, apa este scoasă și nivelul se lasă în jos. Bineînțeles că mai întâi s'au închis porțile camerei care o despart de lac. Când nivelul camerei a ajuns la acela al apei din fluviu, porțile de jos se deschid și vasul iese afară. În felul acesta se trece pragul barajului de sus în jos sau de jos în sus.

Centrala electrică este așezată pe malul drept, imediat lângă baraj. Lungimea clădirii este de 231 m, iar lățimea de 24,96 m. În centrală sunt instalate nouă turbine, având fiecare o putere de 106 000 CP, căderea fiind de 38 m. Deci, puterea totală este de aproape 1 000 000 CP.

Generatoarele electrice sunt cuplate direct cu turbinele și au fiecare o putere de 90 000 kVA sau 72 000 kW la  $\cos \varphi = 0,8$ . Dimensiunile acestor mașini neobișnuit de mari sunt impresionante. Diametrul turbinei trece de 9 m, diametrul rotorului generatoarelor electrice trece de 10 m, greutatea totală a generatorului electric se ridică la 980 de tone.

Postul central de comandă al centralei, de unde se supraveghează întreaga funcționare și de unde se transmit comenzile, ocupă o clădire cu patru etaje. Producția de energie electrică a acestei uzine trece anual de 2 000 000 000 kWh.

Uzlina este folosită de întreprinderile metalurgice Zaporozstal din Zaporojle, de uzinele de aluminiu, de magneziu, de minele de fier din Krivoirog, de minele de mangan și de multe alte uzine din regiune. Centrala hidroelectrică Dneproghes, cea mai mare centrală hidroelectrică din Europa, a contribuit la ridicarea și progresul întregii regiuni învecinate.

Pe Nipru sunt prevăzute să fie construite și alte centrale hidroelectrice însemnate.

**153. Centrale hidroelectrice pe Volga.** Și pe acest fluviu s'au executat și mai sunt în execuție mari lucrări hidrotehnice. Între acestea este canalul Volga-Moscova, care a fost început în 1932. Această lucrare hidrotehnică cuprinde următoarele părți principale: un baraj pe Volga la Ivancovo, în vecinătatea cărui se găsește o uzină hidroelectrică. Barajul este de beton și este continuat pe lungime de 9 km, cu un dig de pământ; în felul acesta s'a creat o reținere de peste un miliard de m<sup>3</sup>, denumită pe drept cuvânt „Marea Moscovei”. Dela acest lac pleacă canalul navigabil în lungime de 128 km, prevăzut cu mai multe ecluze, într-un câț acest canal trebuie să urce până la o înălțime de aproape 50 m deasupra locului de plecare și apoi să se coboare tot pe atât, pentru a ajunge în râul Moscova. Canalul a fost pus în funcțiune în Iunie 1937.

Oricât de însemnate sunt lucrările canalului, ele nu reprezintă decât un prim pas în grandiosul program de amenajare integrală a fluviului Volga.

Proiectul este de a transforma fluviul Volga cu marea Volga pe care navigația să se poată face cu vapoare de mare și pe care vor fi instalate mai multe centrale însumând 9 milioane kW.

Din acest program s'au și executat două lucrări. În 1939 a fost creată centrală hidrotehnică delă Uglici, de 110 000 kW, și reținerea de apă delă Scerbacov, așa numită „Marea delă Scerbacov”, care are o suprafață de 4550 km<sup>2</sup> și o capacitate de 25,2 miliarde m<sup>3</sup>. Lângă baraj s'a construit o centrală a cărei putere toală va fi de 330 000 kW.

Mai jos pe Volga, la Kuibîșev, se va realiza o altă lucrare hidrotehnică importantă, cu un mare baraj și o mare centrală.

Pe râul Kama, care se varsă în Volga, de asemenea e prevăzută o importantă lucrare hidrotehnică, etc.

În afara centralelor hidroelectrice, pe râurile din U. R. S. S. s'au mai făcut și alte lucrări hidrotehnice, dintre care sunt canalele de legătură dintre Marea Albă și Marea Baltică, și canalul de legătură dintre Moscova și Leningrad. Datorită acestor canale, capitala Uniunii Sovietice este unită cu trei mări: Marea Caspică, Marea Albă și Marea Baltică. Prin realizarea canalului proiectat dintre Volga și Don, se va face legătura și cu Marea de Azov și Marea Neagră.

Lucrările hidrotehnice nu privesc numai râurile din partea europeană a U.R.S.S. ci și pe cele din partea asiatică.

Ultimele proiecte întocmite de către tehnicienii sovietici prevăd construirea unor legături, prin canale, între fluviile Ienissei, Obi până la Marea Caspică și lacul Aral. Prin aceste canale o mare parte din apele celor două fluvii siberiene care se varsă în mările înghețate dela Nord vor fi îndreptate în spre Sud. Lucrările acestea cuprind, pe lângă canale, câteva centrale hidroelectrice foarte mari, precum și irigații pe mari suprafețe de teren.

### Partea electrică a centralelor

**154. Conexiunile și comanda instalațiilor** sunt la fel întocmite atât la centralele termice, cât și la cele hidraulice. Curentul electric produs de fiecare generator este condus prin sârme groase și bine izolate, numite *cabluri*, la niște conducte neizolate, așezate orizontal pe izolatoari, și care se numesc *barele generale colectoare* ale centralei. La acestea sosesc curenții dela toate mașinile generatoare ale centralei.

Tensiunea la aceste bare este aceea la care este produs curentul, de obicei 6000 V, dar în multe instalații, tensiunile sunt mai mari, ajungând până la 15 000 V.

Mai înainte de a ajunge la bare, curentul trece prin întrerupătoare și separatoare (tot un fel de întrerupătoare) precum și prin alte aparate, transformatoare pentru ampermetre, voltmetre, bobine de protecție, etc. Dela barele colectoare pleacă cabluri spre diferite locuri unde se va folosi curentul electric și curenții care pleacă trec prin întrerupătoare și separatoare. Întrerupătoarele, în special, sunt aparate de foarte mare importanță în instalațiile electrice. În cazul unor defecte, de exemplu scurt-circuite, prin ele trec curenți foarte mari și pot provoca explozii. De aceea, fiecare întrerupător se așază într-o despărțitură, separată prin pereți de cel vecin. Întrerupătorul este deci așezat într-o *celulă*. Barele generale colectoare și cu toate aparatele de care am vorbit mai sus, adică întrerupătoare, separatoare, transformatoare de curent și tensiune, bobine de protecție, etc., sunt instalate într-o încăpere specială, numită sala *conexiunilor electrice*, care poate avea mai multe etaje pentru așezarea lor ordonată.

Dar, partea electrică mai are și alte instalații. Aparatele de

măsură, voltmetre, ampermetre, etc. sunt așezate de obicei toate într-o cameră specială. Tot acolo se găsesc și aparatele prin care se transmit în mod electric, dela distanță, comenzile de pornire și oprire a motoarelor, de deschidere și de închidere a întrerupătoarelor, a separatoarelor, etc. Această cameră este deci adevăratul creier al centralei electrice și se numește *cameră centrală* de comandă și control.

Dacă centrala este mică, toate aparatele de care am vorbit sunt instalate pe tablouri și pupitre, chiar în sala mașinilor. În camera de comandă și control, sunt în permanență de serviciu electricienii.

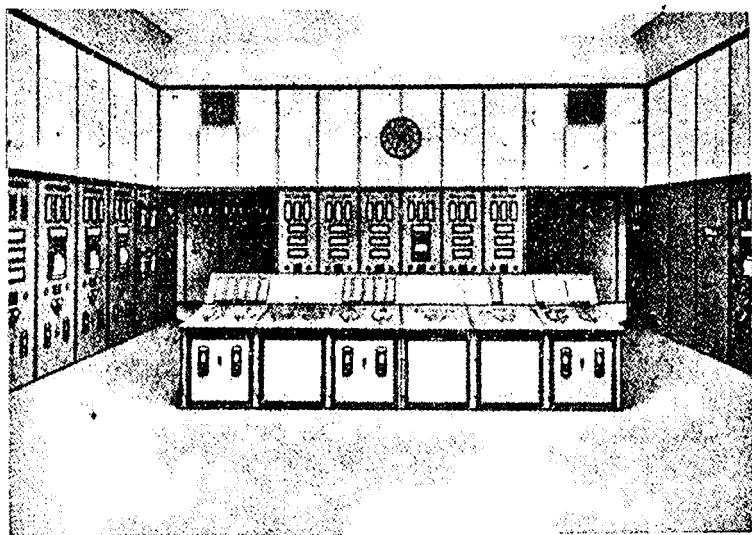


Fig. 238. — Camera de comandă a unei centrale electrice

**155. Stația de transformare.** De cele mai multe ori, centralele electrice nu se găsesc în imediata apropiere de locurile unde se folosește curentul electric, ci la distanță, uneori chiar la foarte mari distanțe, zecl sau sute de km.

Uzinele hidroelectrice sunt instalate pe râuri, unde locul este propice, foarte adesea la munte, iar uzinele termice sunt în apropierea minelor de cărbuni.

Locurile de mare consum de electricitate sunt orașele și regiunile unde sunt industrii.

Aducerea electricității, de la centralele electrice la regiunile unde este folosită, se face prin *linii electrice de mare tensiune*. Deci, curentul electric produs de către centrală trebuie să fie trans-

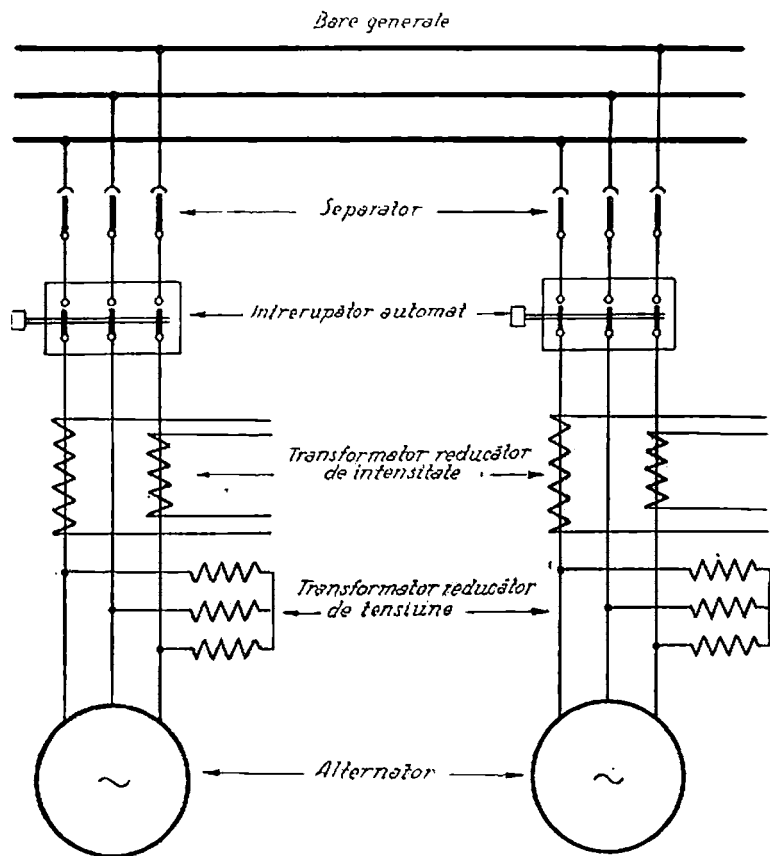


Fig. 239. — Schema electrică a unei centrale

format pentru a i se ridica tensiunea cu ajutorul transformatoarelor. De aceea, pe lângă fiecare centrală electrică mai există și o *stație de transformare*, în care se găsesc mai multe trans-

formatoare, care ridică tensiunea la 30 000, 60 000, 110 000 220 000 sau chiar la 380 000 V.

Legătura dintre partea electrică, pe care am descris-o, și transformatoare se face în modul următor: dela barele colectoare ale uzinei pleacă cabluri, care se leagă cu înfășurarea de joasă tensiune a transformatoarelor. Dela bornele de înaltă tensiune ale transformatoarelor pleacă alte conducte la niște *bare colectoare de foarte mare tensiune*. Bine înțeles, și aici curentul trece mai întâi prin întrerupătoare, separatoare, etc.

În sfârșit dela aceste bare de foarte mare tensiune pleacă conductele liniilor electrice aeriene, sau ale cablurilor subterane prin care curentul este transportat la distanță.

După cum am văzut, o asemenea centrală trebuie să aibă două rânduri de bare colectoare. Uneori, generatorul electric este legat direct la câte un transformator electric și acesta este legat la barele generale colectoare de foarte mare tensiune. În felul acesta instalația electrică s'a simplificat, căci a dispărut un sistem de bare și cu toate aparatele accesorii intermediare.

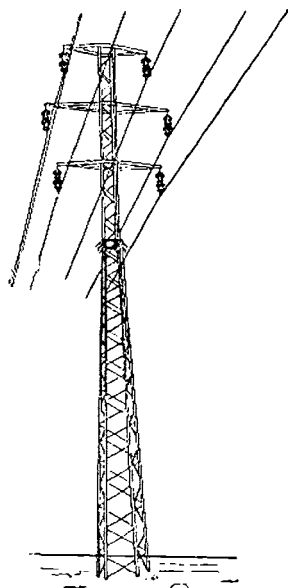


Fig. 240. — Linie de transport electric

## Transportul electricității

156. **Linii aeriene de transport.** Transportul electricității la mare distanță se face prin linii electrice aeriene de mare tensiune. Știm că se aleg tensiuni mari pentru că în acest caz curentul este mic și deci se pot folosi conductori subțiri, fără ca pierderile Joule-Lenz ( $RI^2t$ ) să fie mari. Tensiunile folosite sunt: de 15 000, 30 000, 60 000, 110 000, 220 000 și în ultimul timp s'a introdus chiar tensiunea de 380 000 V.

Sârmele liniilor sunt de cupru sau aluminiu, atârinate de stâlpi înalți pentru ca să nu se apropie prea mult de pământ, de arbori sau de construcții.



În caz de apropiere prea mare se produc descărcări electrice periculoase, care provoacă moartea oamenilor și incendierea lucrurilor.

Sârmele sunt atârnațe de stâlpi prin lanțuri de izolatori. Stâlpii se fac de lemn, beton armat și din oțel, bine înfipti în pământ. Este periculos de a-i atinge căci, din cauza unui defect, se poate ca sârmele să fie în contact cu stâlpul.

Cu cât tensiunea este mai mare, cu atât și stâlpii sunt mai înalți și la distanță mai mare unul de altul. La tensiuni foarte mari stâlpii de oțel ajung adevărate turnuri.

La punctul unde ajunge linia, tensiunea este din nou transformată; de astă dată coborâtă tot prin *transformatoare electrice*.

### Distribuția electricității

157. **Rețele electrice.** Locul unde se așază *transformatoarele electrice coboritoare de tensiune* este la marginea orașului sau a regiunii care trebuie alimentată cu electricitate.

Linii de foarte mare tensiune nu pot intra în orașe, regiuni industriale, etc. căci s'ar putea lesne produce accidente. Pe de altă parte însă, dacă s'ar distribui curentul la tensiunea joasă, de utilizare, ar trebui conducte foarte groase și, chiar în acest caz, pierderile de energie ( $RI^2$ ) ar fi mari.

De aceea, la punctul de sosire a liniei de transport tensiunea este redusă de obicei la 6000 V. Curentul la această tensiune poate fi distribuit cu ușurință prin *linii aeriene*, adică prin conducte pe stâlpi, sau prin conducte așezate în pământ, *cabluri subterane*.

Toate liniile aeriene și cablurile subterane formează *rețeaua de distribuție a curentului electric* din acea zonă sau localitate.

Vom afla mai departe cum sunt executate liniile aeriene și cum sunt făcute și instalate cablurile subterane.

Dar curentul electric nu poate să fie introdus cu tensiunea de 6000 V în lămpi sau alte receptoare electrice, căci ar cere izolări foarte serioase și totuși ar fi periculos pentru cei care ar atinge aparatele.

Lămpile funcționează de obicei la tensiunea de 110 V sau 220 V, iar motoarele la 220 sau 380 V.

Ce este de făcut? Tensiunea de 6000 V trebuie din nou coborâtă la tensiunea de utilizare, care este de 220/110 sau 380/220 V.

Această coborîre se face de transformatoare instalate în diferite puncte ale oraşului. O asemenea instalaţie se numeşte *post* sau *staţie de transformare*. Ele pot fi aşezate în clădiri, *deasupra pământului sau în camere subterane*.

În oraşe se pot vedea deseori, pe unele străzi, în pieţe sau în colţuri, căsuţe de zid sau chioşcuri de tablă care adăpostesc transformatoare.

Transformatoarele mici, în special pentru distribuirea electricităţii la ţară, sunt aşezate uneori chiar în aer liber şi, pentru a nu fi atinse, sunt puse pe o platformă, fixată la înălţime pe stâlpi.

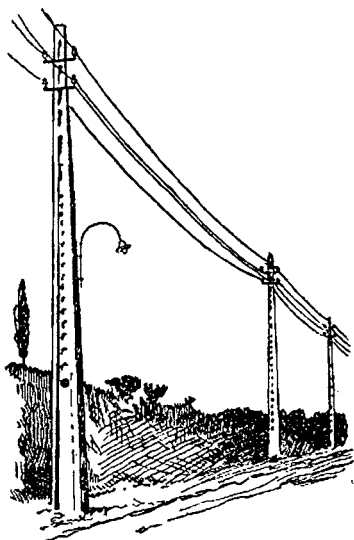


Fig. 241. — Linie aeriană de distribuție

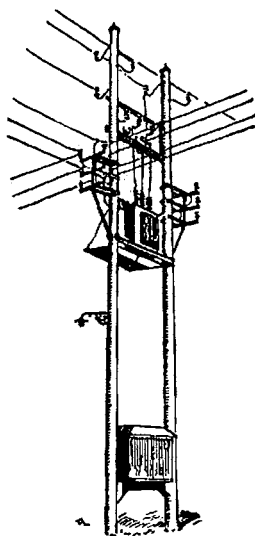


Fig. 242. — Transformator pe stâlp

O staţie sau un post de transformare are, pe lângă transformatoare şi întrerupătoare şi separatoare, aşezate pe stelaje de fier, siguranţe şi aparate de măsură fixate pe tablouri.

Dela un post de transformare pleacă, de obicei, mai multe

conduce aeriene sau cabluri subterane, pe străzile din jurul aceluiași post.

Posturile de transformare sunt presărate pe toată suprafața orașului sau a zonei de alimentat cu electricitate.

Totalitatea cablurilor subterane și a conductelor aeriene care pleacă de la posturile de transformare se numește *rețeaua de utilizare a curentului electric*.

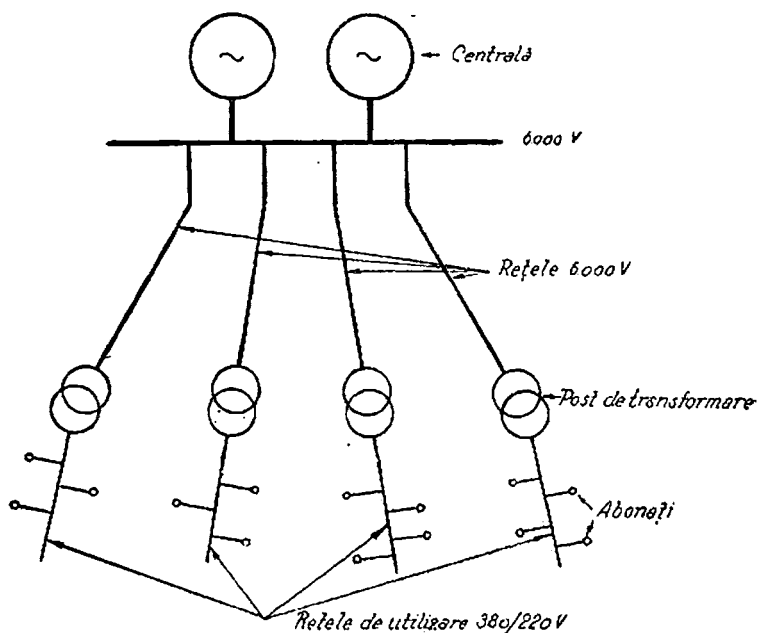


Fig. 243. — Schema rețelelor de distribuție electrică

Ori de câte ori orașul sau zona de alimentat este întinsă, vom întâlni cele două feluri de rețele.

Dacă orașul sau zona de alimentat este restrânsă, curentul este transmis de-a-dreptul la tensiunea de utilizare, deci nu mai există rețeaua de distribuție.

Din conductele aeriene sau cablurile subterane de pe străzi, se fac derivații ale rețelei de utilizare prin care curentul este adus la locurile de consum: case, birouri, ateliere, fabrici etc.

Fiecare loc de consum are astfel un *branșament* care poate fi subteran sau aerian.

Branșamentul subteran se termină într-o firidă făcută în zidul clădirilor și închisă cu o ușa de tablă.

În această firidă sunt montate siguranțe pentru protecția instalației și cablurilor de distribuție.

Instalația ce urmează mai departe, după branșament, se numește *instalație interioară*.

Iată deci întreaga cale pe care o face curentul dela sursă până la consumator.

În rezumat:

1. Curentul este produs într-o *centrală hidroelectrică* sau *termoelectrică*, de obicei la 6000 V.

2. Curentul este transmis apoi la mare distanță, printr-o *linie de transport electrică* de mare tensiune, până aproape de regiunea care trebuie alimentată cu electricitate.

3. La plecarea liniei se face o *stație de transformare* ridicătoare a tensiunii, iar la sosire se face o *stație de transformare coboritoare de tensiune*.

4. De acolo pleacă *rețeaua de distribuție* (de obicei la 6000 V) care alimentează mai multe *posturi de transformare*.

5. Dela acestea pleacă *rețeaua de utilizare* (la 220/110 sau 380/220) din care se derivează *branșamente* pentru fiecare loc de consum.

Dacă centrala este în apropiere de regiunea de consum a electricității, nu mai este nevoie a se face transport de energie.

Dacă zona de alimentat cu electricitate este foarte întinsă, curentul trebuie să fie *transportat* până la diferitele puncte din interiorul zonei (cum ar fi un mare oraș).

Totuși, după cum am arătat, transportarea prin linii aeriene nu se poate face în regiuni populate, ci trebuie să se adopte transportul prin cabluri subterane. Tensiunea este de obicei de 30 000 V. În asemenea cazuri, la locul de sosire al liniei de transport electric se găsește o stație de transformare care reduce tensiunea la 30 000 V. Prin cabluri, curentul este transportat mai departe la această tensiune în câteva puncte unde se instalează stații pentru reducerea tensiunii la 6000 V. Dela acestea pleacă rețeaua de distribuție ca în cazul precedent, descris mai sus.

Prin urmare, în asemenea cazuri, mai există și a treia rețea electrică, rețeaua de transport interior la 30 000 V.

**158. Stațiuni pentru transformarea curentului alternativ în curent continuu.** Deși curentul este produs în centrale aproape numai sub forma de curent trifazat, totuși este nevoie și de curent continuu pentru anumite întrebuințări: fabrici electrochimice, acționarea tramvaielor și troleibuselor, etc.

Transformarea se poate face în mai multe feluri. Uneori cu ajutorul unui grup motor asincron — generator de curent continuu. Motorul asincron fiind alimentat chiar la tensiunea de 6000 V, iar generatorul de curent continuu este ajutat de o baterie de acumulate; alteori transformarea se face cu o comutatrice și în sfârșit foarte adesea cu ajutorul redresoarelor cu vapori de mercur.

**159. Interconectarea centralelor electrice.** O centrală electrică poate să producă o putere maximă și deci un curent maxim. Dacă în regiunea consumatoare se cere o putere mai mare, va trebui ca o a doua centrală să furnizeze puterea care mai trebuie, sau va mai fi nevoie de o a treia centrală și chiar de mai multe centrale.

În asemenea cazuri, pe linia de transport sosește curent electric de la mai multe centrale.

Legate în acest mod, centralele se numesc *interconectate*. Acest mod de funcționare are foarte multe foloase.

Dacă o centrală hidroelectrică este interconectată cu una termoelectrică, în epocile de ape mici, când centrala hidroelectrică poate produce un curent mare, va primi ajutorul centralei termoelectrice. De asemenea în cazul defectării unei centrale curentul va fi furnizat de altă centrală cu care este interconectată.

**160. Centrale electrice de curent continuu.** Curentul continuu este mai puțin întrebuințat. El nu se poate lesne transmite la distanță pentru că nu se poate ridica și coborî tensiunea atât de simplu ca la curentul alternativ.

Curentul continuu are însă unele mari calități: nu există decalaj între tensiune și curent și deci, la o anumită tensiune și cu o anumită intensitate, se transmite o putere mai mare în curent continuu decât în curent alternativ, se pot folosi acumulatele electrice, etc.

Centralele de curent continuu sunt destinate, în general, pentru a alimenta localitățile mici.

De obicei o asemenea centrală cuprinde și o baterie de acumulate. Se pot face în acest caz mai multe combinații de funcționare.

### Întrebări recapitulative

1. Câte feluri de centrale electrice sunt?
2. Ce surse de energie inepuizabile cunoașteți?
3. Ce fel de cărbune trebuie să fie folosit de către centralele termoelectrice?
4. Descrieți o centrală termoelectrică cu motoare Diesel.
5. Descrieți o centrală termoelectrică cu cărbuni.
6. Care este drumul pe care-l face apa din cazan?
7. Care este drumul pe care-l face apa de răcire?
8. Care este randamentul unei centrale termoelectrice cu vapori?
9. Descrieți o centrală hidroelectrică.
10. La ce servește barajul? Dar aducțiunea și conductele forțate?
11. Câte feluri de turbine hidroelectrice se folosesc?
12. Descrieți partea electrică a unei centrale.
13. De ce sunt necesare stații de transformare a curentului electric?
14. Descrieți o linie de transport electric.
15. Descrieți cum se face distribuția electricității.
16. Câte rețele electrice sunt într'un oraș mare?
17. Cum se face transformarea curentului alternativ în curent continuu?

## XVI. APARATE PENTRU INALTA TENSIUNE IN CENTRALE ȘI STAȚII DE TRANSFORMARE

161. **Înterupătoare și separatoare.** Am văzut că energia electrică se produce în centrale cu ajutorul mașinilor electrice și că este folosită în diferite receptoare precum: lămpi, motoare, aparate pentru produs căldură, aparate pentru produs radiațiuni, etc.

Pe circuitele care aduc curentul dela mașini la receptoare sunt instalații și aparate auxiliare, necesare funcționării, dintre care pe unele nu le-am învățat până acum.

De acestea ne vom ocupa mai departe.

Cele mai importante sunt *înterupătoarele* și *separatoarele*. Orice înteruptor sau separator are o parte fixă și o parte mobilă prin care trece curentul; partea mobilă, prin anumite manevre, se poate desprinde de cea fixă și atunci curentul nu mai poate trece, deci circuitul este înterupt.

*Înterupătoarele* din centrale și stații sunt instalate în general pe circuite de mare tensiune și în care circulă curenți cu mari intensități.

De aceea, la ruperea legăturii între contactele mobile și cele fixe, se produc arcuri electrice foarte puternice, periculoase pentru aparat și pentru oamenii aflați în apropiere.

Pentru a se evita acestea, înterupătoarele pentru tensiuni mai mari de 1000 V sunt de o construcție specială și anume, contactele fixe și mobile sunt instalate într-o cutie umplută cu ulei. Acesta are proprietatea de-a stinge arcul în clipa înteruperii.

Prin izolatoarele de porțelan de deasupra cutiei intră conductele electrice și se leagă la contactele fixe. Înteruperea se face prin mișcarea unei tije izolante care trage contactele mobile, formate din niște cujite și pe care le deslipește astfel de contactele fixe.

Mișcarea tijei este comandată printr-o roată volantă.

Dacă s'a produs o cantitate foarte mare de căldură, ceea ce se întâmplă, în cazul când dintr'un defect, curentul a devenit prea mare, uleiul se poate aprinde, producând explozia cutiei. Uleiul are deci și calități pentru înterupere, dar și neajunsuri. Din acest motiv s'au construit și alte feluri de înterupătoare.

Astfel, sunt înterupătoarele care, pentru a stinge arcul electric, folosesc un curent de aer comprimat.

La aceștia nu mai este pericol de explozie. Aerul este produs cu ajutorul unui compresor și strâns într'un rezervor. În clipa înteruperii este suflat puternic asupra arcului și-l stinge.

În sfârșit, s'au construit și înterupătoare la care arcul se stinge da-

forită răcirii provocate de un curent de vapori de apă, produși de întrerupător prin evaporarea unei cantități de apă, în momentul funcționării.

Întrerupătoarele se pot deschide prin manevrarea cu mâna a volantului.

În uzinele mari, închiderea întrerupătoarelor și deschiderea lor este transmisă electric dela tabloul central și care poate fi la distanță destul de mare de întrerupător.

Acestea sunt întrerupătoarele comandate dela distanță.

Întrerupătoarele se pot deschide și singure când se produce în instalație un defect, care e urmat de un curent prea mare sau de o tensiune prea mare.

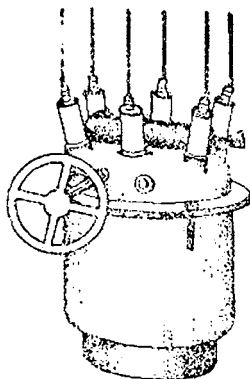


Fig. 244.  
Întrerupător cu ulei

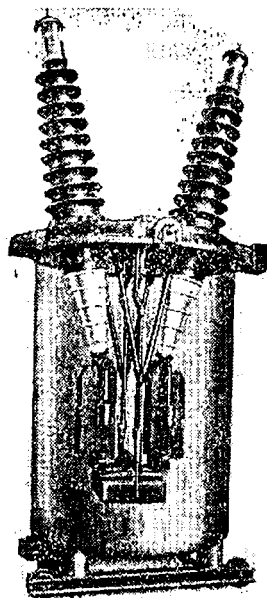


Fig. 245. — Întrerupător  
cu ulei văzut în interior

Acestea sunt întrerupătoarele automate. Aparatul care produce întrerupere este *releul* care, după cum am arătat, este construit pe baza unui electromagnet sau pe bază termică.

*Separatoarele* sunt folosite la instalațiile de mare tensiune. Ele se compun din două contacte fixe, așezate pe izolatoare și dintr'un cuțit, contact mobil.

Separatorul este acționat cu mâna.

În instalațiile electrice de înaltă tensiune, înaintea unui întrerupător se pune întotdeauna și un separator.

Care este rostul lui? Când se lucrează la o porțiune dintr'un circuit electric de mare tensiune trebuie să fim siguri că nu trece niciun curent căci, dacă trece, cel care lucrează este electrocutat. La întrerupătoarele deschise mai sus nu se poate vedea dacă sunt deschise sau închise. De aceea se:



instalează și un separator, care se deschide după ce s'a deschis întrerupătorul.

În felul acesta suntem siguri că, în acea porțiune, nu este tensiune și chiar dacă cineva din greșală închide întrerupătorul, separatorul rămâne deschis și deci curentul nu poate trece.

*Separatoarele se închid și se deschid numai atunci când nu trece niciun curent prin circuit, căci altfel se produce un arc electric foarte periculos.*

162. **Conducte electrice.** — Aducerea curentului electric dela surse până la receptoare se face prin sârme. Deoarece ele conduc curentul, se numesc *conducte electrice*. Ele sunt de mai multe feluri.

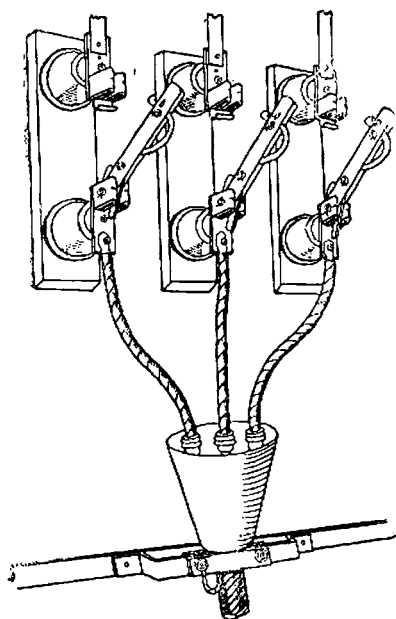


Fig. 246. — Separator electric deschis

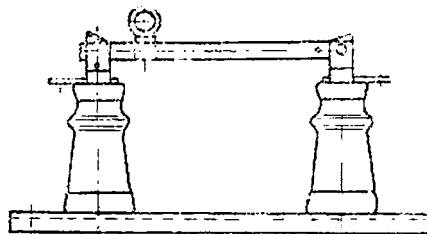


Fig. 247. — Separator electric închis

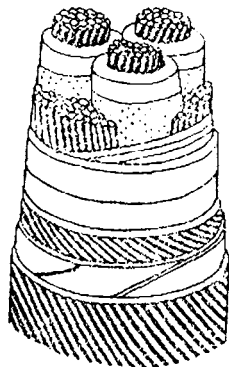


Fig. 248. — Cablu electric

1. Conducte așezate în pământ, numite *cabluri electrice subterane*.
2. Conducte așezate pe stâlpi, numite *conducte aeriene* din sârmă neizolată.

3. Conducte în interiorul clădirilor (introduse în tuburi care să le protejeze) și care se numesc *conducte izolate pentru instalații interioare*.

Partea conducătoare este de metal. Dintre metale, cuprul (arama) conduce cel mai bine curentul, rezistă la rupere și nici nu este lesne atacat

de diferiți agenți chimici. Multă vreme conductele s'au făcut numai din cupru.

Alt material folosit este alumiul, care are o rezistență electrică mai mare decât cuprul, dar este mult mai ușor.

Pentru a obține o sârmă de alumiiniu cu o rezistență la fel cu a uneia de aramă, trebuie să-i dai o grosime de 1,6 ori mai mare.

Alte metale, folosite mai puțin, sunt aliaje ale alumiului; bronzul și zincul.

*Cablurile electrice* sunt fabricate cu doi, trei sau patru conductori de cupru, de obicei înfășurați fiecare cu o bandă de hârtie îmbibată în ulei. Hârtia servește ca izolant și este chiar un foarte bun izolant. Cei trei conductori sunt apoi înfășurați împreună tot cu bandă de hârtie.

Deoarece apa și umezeala strică izolația, cablul izolat este introdus într'un tub de plumb, fără cusătură sau lipitură.

Dar plumbul este atacat de agenții chimici sau prin electroliză. Pentru a fi ferit, se îmbracă cu hârtie îmbibată cu un bitum și apoi cu un strat de lută, de asemenea îmbibat.

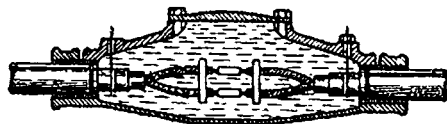


Fig. 249. — Manșon pentru legarea a două cabluri (secțiune)

Dar cablul astfel construit este supus stricăciunii prin lovire. De aceea, pe deasupra, se învelește cu două benzi de fier lat, vopsite cu lac.

În sfârșit, și fierul este protejat cu un strat de lută îmbibat în gudron. Iată deci ce structură complicată are un cablu. Cu cât tensiunea la care este folosit cablul este mai mare, cu atât se iau măsuri de izolație mai serioase. S'au construit cabluri până la tensiunea de 60 000 V.

Legarea cap la cap a două cabluri se face într'o cutie de fontă numită manșon, care se umple apoi cu o materie izolantă (din gudron). În felul acesta legătura este apărută contra umezelei, etc.

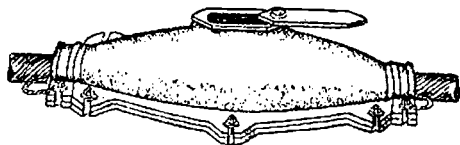


Fig. 250. — Manșon pentru legarea a două cabluri. Vedere exterioră

La capătul lui, cablul este introdus într'o cutie sau manșon terminal, umplut cu smolă izolantă. Alăură ies numai conductele spre a se lega de instalația interioară.

Cablurile se așază în șanțuri săpate la 60—70 cm. adâncime. După ce s'a așezat, cablul se acopere cu un strat de nisip, iar pe deasupra se pune

un rând de cărămizi, apoi se umple cu pământ și se bate bine. Cărămizile au rolul de a preveni pe cei care sapă în pământ, că acolo se găsește un cablu.

*Conductele neizolate* se fac din cupru, aluminiu sau aliaje de aluminiu. De obicei sunt mai multe fire răsucite împreună, formând o funie de sârmă. Innădirea conductelor neizolate sau ramificarea lor se face cu cleme speciale; de asemenea atârnarea lor de izolatoare.

Despre conductele pentru instalațiile interioare ne vom ocupa mai târziu.

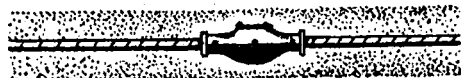


Fig. 251. — Două cabluri legate printr'un manșon

**163. Izolatoare.** Conductele aeriene se atârnă de stâlpi prin izolatoare. Acestea au un rol foarte important căci, izolatoarele care nu izolează bine, iac imposibilă funcționarea în bune condiții a instalațiilor electrice. Ele sunt fabricate de obicei din porțelan.

Insușirile ce se cer izolatoarelor sunt : să nu fie străbătute de descărcări electrice și să nu lase curentul să se scurgă la suprafața lor. Izolatoarele pentru tensiuni joase sau mijlocii sunt fixe.

Pentru tensiuni mari se întrebuintează izolatoare suspendate, formate din mai multe elemente care se înblnă unul cu altul.

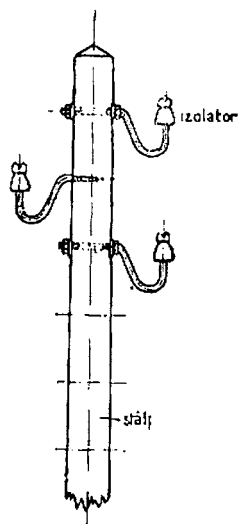


Fig. 252. — Izolator fix

#### Intrebări recapitulative

1. Ce rol au intrerupătoarele?
2. Cum sunt construite intrerupătoare pentru mare tensiune ?
3. Ce rol au separatoarele?
4. Cum sunt construite?
5. Cum sunt executate cablurile electrice?
6. Cum se leagă și cum se ramifică?
7. Cum se așază în pământ?
8. La ce servesc izolatoarele?
9. Ce fel de izolatoare cunoașteți?
10. De ce izolatoarele au o formă complicată?

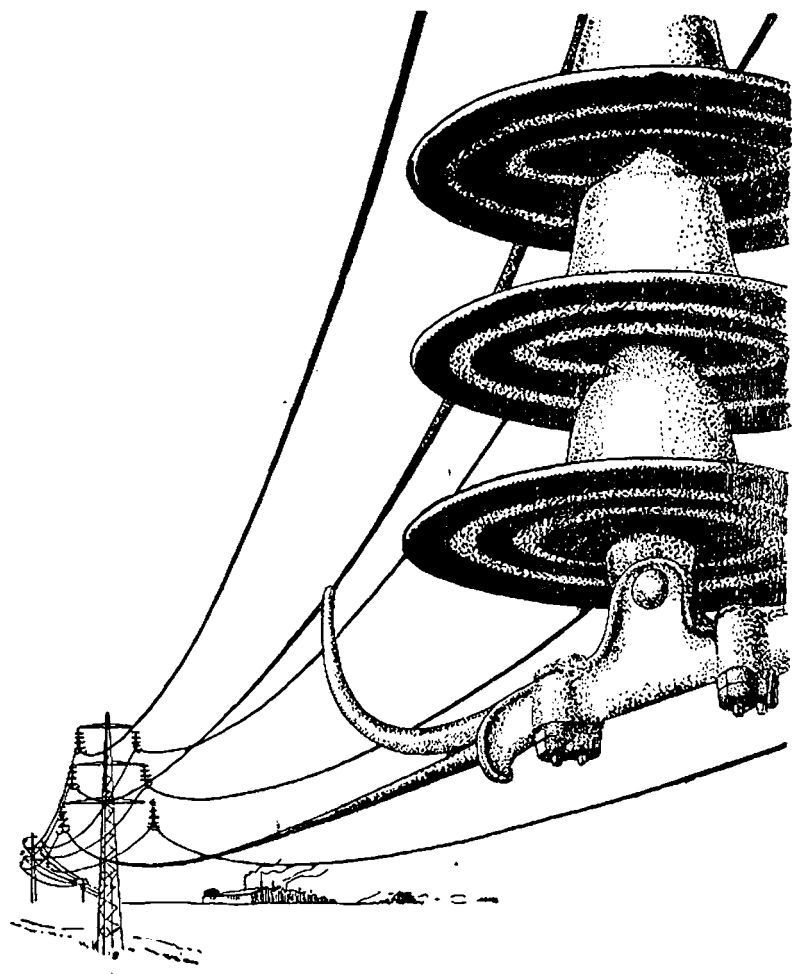


Fig. 253. — Izolator suspendat

## XVII. INSTALAȚII ELECTRICE INTERIOARE

164. Alcătuirea unei instalații electrice interioare. Partea din instalația electrică, de la bransament până la aparatele receptoare de curent, se numește *instalația interioară*.

Vom lua ca exemplu instalația interioară dintr-o clădire cu mai multe locuințe (apartamente)

1. *Bransamentul*, de obicei din cablul subteran, se continuă

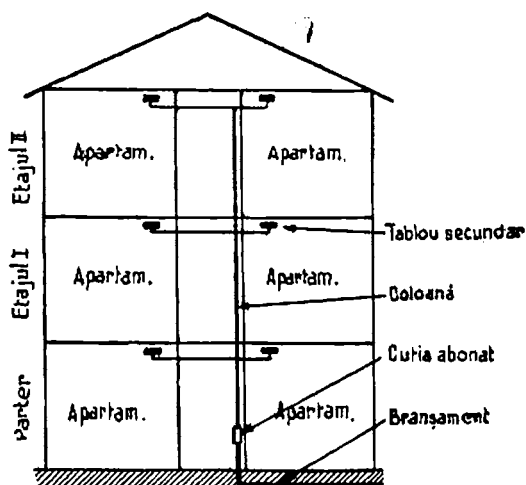


Fig. 254. — Coloana principală se ramifică la fiecare apartament

printr-o conductă numită *coloană principală*. Din această coloană principală se fac ramificații spre fiecare apartament.

La intrarea conductei în apartament se instalează contorul

electric; după aceea conducta se ramifică în mai multe circuite care vor alimenta diferitele receptoare.

Ramificația se face pe un *tablou*, de obicei de marmoră. Pe fiecare circuit și anume pe fiecare conductă, se instalează câte o *siguranță* sau un *întrerupător automat*.

Siguranțele pentru circuitele de lumină sunt dimensionate pentru un curent nominal de 6 A. Fiecare siguranță sau întrerupător trebuie să aibă o etichetă, indicând unde duce circuitul respectiv.

Din circuitele care pleacă de la tablou se fac derivații până la aparatele receptoare: lămpi, aparate de încălzit, etc.

Pe fiecare din aceste derivații se montează câte un *întrerupător*, cu ajutorul căruia receptorul este introdus sau scos din circuit.

Drumul conductelor se alege cât mai simplu, ca să poată fi lesne urmărit în cazul verificărilor și reparațiilor. Pe pereți

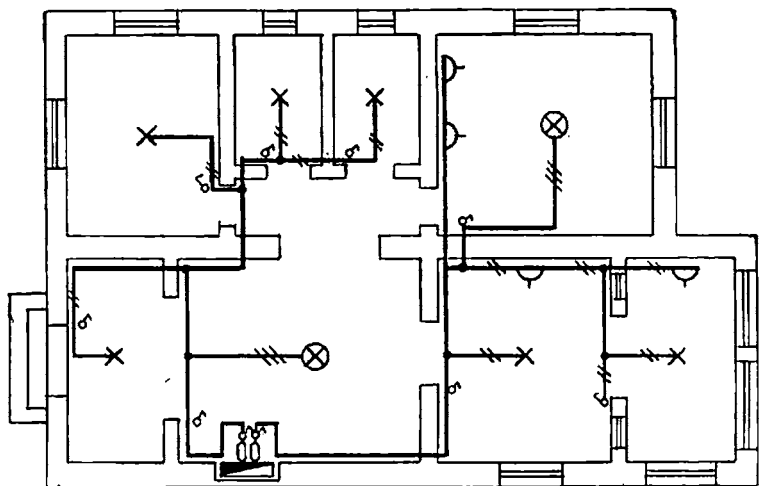


Fig. 255. — Schema unei instalații interioare

se merge numai vertical, iar pe plafoane numai pe linii perpendiculare pe laturile formate de pereți (deci nu se merge în diagonală).

Conductele se așază de obicei în *tuburi protectoare*; legarea a două conducte cap la cap sau ramificarea lor se face

numai în cutii speciale numite *doze*. Legarea conductelor în aceste cutii se face prin lipire.

Intr'un tub de protecție nu se pot introduce decât conductele unui circuit; prin urmare, dacă sunt două circuite vecine, ele vor fi așezate în două tuburi diferite.

Tuburile se fixează în mici șanțuri făcute în cărămida zidurilor, se fixează de o parte și de alta cu cuie și cu ipsos, apoi se acopere cu tenculală.

Conductele se trag prin tuburi numai după ce acestea au fost instalate și după ce tencuiala s'a uscat.

În planșeele de beton armat nu este permis să se facă șanțuri, pentru ca planșeele să nu fie slăbite. În aceste cazuri, tuburile se așază peste planșee și rămân astfel ascunse sub pardoseală.

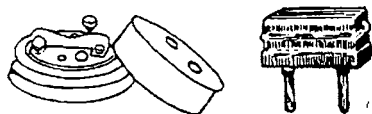


Fig. 256. — Priză și fișă

Receptoarele de curent sunt fixe, precum sunt lămpile obișnuite și amovibile (care se pot mișca) precum sunt: lampa de masă, fierul de călcat și mai toate celelalte aparate electrice casnice.

Receptoarele amovibile primesc curentul printr'o *priză de curent* în care se introduce o *furcă de contact* numită și *fișă*. De la fișă pleacă o conductă în formă de cordon care se leagă la aparat. După ce am arătat din ce se compune o instalație interioară trebuie să cunoaștem mai de aproape aparatele și materialele folosite, precum și modul lor de instalare.

2. *Felul încăperilor*. Nu toate încăperile în care se face o instalație electrică sunt la fel. Modul de execuție, felul aparatelor, felul materialelor etc., depinde de încăperi.

Deosebim: a) încăperi normale adică uscate, ferite de incendiu și de explozie, fără praf în cantitate mare, fără aburi sau gaze corosive și fără temperaturi interioare prea ridicate;

b) încăperi umede;

c) încăperi foarte umede;

- d) încăperi cu temperatură ridicată trecând de 30°;
- e) încăperi cu temperaturi foarte ridicate, în care temperatura depășește 35°;
- f) încăperi cu mult praf;
- g) încăperi cu aburi sau gaze corosive;
- h) încăperi în care se prepară sau se depozitează materiale ușor inflamabile;
- i) încăperi în care se prepară sau se depozitează materiale explozibile.

Vom arăta mai departe ce măsuri speciale se iau pentru instalațiile care prezintă condiții deosebite de cele normale.

Să examinăm acum fiecare parte a instalației.

3. *Tabloul de distribuție.* Este făcut de obicei, din marmoră, dar se poate face și din alt material izolan, ardezie sau eternit.

Se așază la locuri uscate și la înălțime potrivită, pentru a se putea ajunge lesne la el. Tablourile pot fi instalate aparent sau îngropate într-o fîridă; este bine să fie protejate, prin închiderea lor într-o cutie cu ușițe.

Pe tablou se execută ramificațiile conductei principale, în numărul de circuite necesare pentru alimentarea receptoarelor. Acestea, toate, sunt făcute pe peretele din spatele tabloului. Pe față se montează siguranțele cu fuzibile, întrerupătoare automate (în loc de siguranțe), uneori întrerupătoare cu pârghie și bornele la care sunt legate circuitele care pleacă. În dreptul acestor aparate se pun etichete indicând încăperile alimentate. Circuitele care alimentează motoare pleacă de pe un tablou separat de acela pentru luminal.

165. **Siguranțele fuzibile.** Am învățat ce rol important au siguranțele fuzibile într-o instalație electrică. Știm că se alege grosimea conductelor de alimentare după puterea receptoarelor și ținând seama de căderea maximă de tensiune care este admisibilă la bornele receptorului. Dacă această alegere s'ar făcut conform regulilor tehnice pe care le-am învățat nu se va întâmpla nimic rău: conductele se încălzesc datorită efectului Joule-Lenz dar, în același timp, căldura se împrășteie, astfel că temperatura sârmelor nu ajunge niciodată să fie periculoasă pentru lucrurile dimprejur.



Ne găsim în *regim normal de funcționare*. Dar pot să apară împrejurări care să modifice regimul normal, când intensitatea curentului întrece limita admisibilă pentru grosimea conductorului. Aceasta se întâmplă dacă în locul receptoarelor prevăzute la început se pun altele de putere mult mai mare și care absorb deci un curent mult mai mare. Un alt caz de stricare a regimului normal este scurt-circuitul, care poate fi produs cu voie sau fără voie; în primul caz, scurt-circuitul se face printr'o legătură cu o piesă metalică între două contacte electrice. De exemplu, dacă cele două brațe ale unei fișe sunt legate cu o sârmă, prin ea va trece un curent mare și deci am produs un scurt-circuit. Scurt-circuitul poate fi provocat și fără voia noastră, atunci când izolația conductelor se strică și cele două sârme vin în contact, lucru care se întâmplă foarte adeseori la aparatele portative.

Am văzut că, în toate aceste împrejurări, prin circuit va trece un curent mult mai mare decât cel normal, ceea ce va provoca o mare cantitate de căldură în conductă și ridicarea temperaturii ei până la valori periculoase, care pot produce arderea izolației și aprinderea obiectelor înconjurătoare.

Siguranțele cu fuzibile ne apără însă de aceste pericole căci grosimea siguranței este aleasă astfel, ca să se topească cu mult înainte de a se întâmpla vreo deteriorare a conductei.

Siguranțele fuzibile sunt de mai multe feluri, și anume: cu dop sau bușon, lamelare sau tubulare.

Am văzut că siguranțele cu dop sunt făcute dintr'un corp de

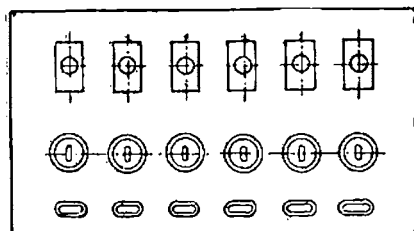


Fig. 257. — Tablou de distribuție și schema lui electrică

porțelan, în care se găsește două piese de contact, la care sunt legate conductele care vine și cea care pleacă, dintr'un dop în care se găsește firul fuzibil și dintr'un capac, care strânge acest dop.

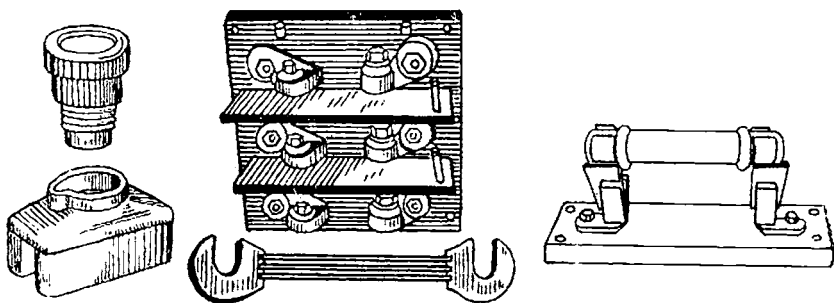


Fig. 258 a, b, c. — Diferite siguranțe cu fuzibile

Siguranțele lamelare sunt executate dintr'o placă izolatoare, care servește de suport pentru bornele la care sunt legate conductele care vine și cea care pleacă. Între borne se introduce fuzibilul lamelar. Dacă pe suport sunt mai multe fuzibile, ele se separă printr'un perete protector.

La siguranțele tubulare firul este introdus într'un tub din material izolant. Capetele tubului sunt susținute de două contacte fixate pe o placă de suport. La aceste contacte vine și pleacă conductele circuitului.

Unde se instalează siguranțele?

— Pe firele care vin de la contor la tablou (siguranțe generale).

— Pe fiecare circuit care pleacă de la un tablou.

— În fiecare punct al unei conducte în care secțiunea se micșorează trebuie pus o siguranță. Nu este necesar acest lucru dacă la tablou s'au pus siguranțe corespunzătoare conductei subțiri și nu corespunzătoare porțiunii de conductă mai groasă care a plecat de la tablou.

— La fiecare priză de curent, înaintea transformatoarelor de sonerie.

Siguranțele se pun pe toate firele circuitelor monofazice (2 fire). La circuitele trifazice cu neutru nu se pune siguranță pe firul neutru.

*Mici automate de siguranță.* Siguranța cu fuzibil este un întrerupător automat deoarece deschide curentul fără a fi fost comandat de noi.

Dar este un automat care are neajunsuri :

- Nu funcționează întotdeauna la timp.
- Se pot pune fuzibile mai groase decât trebuie și care deci nu se vor topi la timp, fapt ce poate provoca incendii.
- Inlocuirea siguranțelor este neplăcută și costisitoare, când sunt instalații mari.

Din aceste motive s'au construit întrerupătoare automate mici, care deschid circuitul dela sine în caz de nevoie.

Dispozitivul care comandă deschiderea întrerupătorului se numește *releu*.

Acesta este, la unele aparate un electromagnet. La trecerea

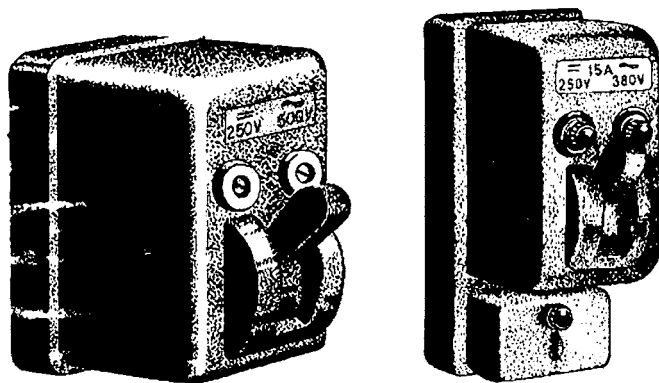


Fig. 259 a, b. — Întrerupător automat mic pentru instalații interioare

unui curent intens, electromagnetul atrage o piesă de fier, care provoacă deschiderea contactelor circuitului.

Alte releuri sunt pe bază termică, din *cupluri bimetalice* (adesea cu întârziere de funcționare).

În sfârșit, alte releuri au ambele principii aplicate.

**166. Conductele.** Conductele sunt fire metalice care servesc pentru aducerea curentului electric la un receptor.

Ele sunt formate din:

— Conductorul sau firul constituit dintr-o singură sârmă (conductor unifilar) sau din mai multe sârme răsucite (conductor multifilar sau funie). Ei sunt cositoriți la foc.

— Izolarea din cauciuc, hârtie, bumbac, email, sticlă, etc.

— Inveliș protector format dintr-o împletitură de bumbac sau metal.

În instalațiile interioare se întrebuințează următoarele feluri de conducte:

a) *Conducte normale izolate* (învelite) cu cauciuc (vână de cauciuc) și pe deasupra cu o țesătură de bumbac; sunt cele mai întrebuințate în instalațiile interioare până la 750 V. Nu se pot întrebuința în locuri umede sau în locuri unde sunt vapori sau gaze acide.

b) *Conducte cu izolație specială* de cauciuc, pentru tensiuni mari, chiar până la 25 000 V; se folosesc neprotejate de tuburi în locuri umede.

c) *Conducte în formă de cordoane*, numite și *liță*, tot cu izolație de cauciuc și cu împletitură de bumbac sau de mătase. Ele sunt foarte flexibile și sunt folosite mai ales pentru receptoarele mobile.

d) *Cordoane de atelier* la care izolația de cauciuc este învelită cu o panglică de bumbac cauciucată, iar deasupra cu o țesătură de protecție sau într-o teacă de piele.

e) *Conducte izolate* cu un înveliș de cauciuc și îmbrăcate apoi într'un tub metalic flexibil.

f) *Conducte sub plumb*. Sunt izolate cu cauciuc și apoi acoperite cu un înveliș de plumb.

g) *Conducte armate* ai căror conductori sunt izolați cu cauciuc, iar pe deasupra au o înveliș de protecție din împletitură de fire de oțel.

h) *Conducte în tuburi suple* de cauciuc acoperite cu țesătură de bumbac, iar pe deasupra cu un strat de cauciuc.

Conductele neizolate se întrebuințează în acele cazuri când izolația ar fi lesne distrusă, de exemplu în ateliere unde sunt vapori acizi. Dar, în asemenea cazuri, trebuie luate măsuri ca

firele să nu facă contact cu pereții, cu obiectele înconjurătoare și să nu poată fi atinse de oameni.

**167. Stabilirea grosimii conductelor.** Secțiunea conductelor se determină astfel ca dela bransament până la receptor, căderea de tensiune să nu întrecă anumite limite. Căderile maxime admisibile sunt de 2% din tensiunea normală pentru lămpi (dacă tensiunea normală este 110 V, căderea admisibilă este deci de 2,2 V) și de 3,5% pentru motoare. Aceasta este o primă condiție. Însă curentul maxim, care trece prin conductă, nu trebuie să o încălzească peste limitele admisibile.

Pe baza acestor două condiții se poate determina grosimea conductelor. Uneori, dacă puterea receptorului este mică și distanța este scurtă, rezultă grosimi foarte mici. Nu este admis să se întrebuințeze conducte prea subțiri. Limitele sunt următoarele: pentru conductele din interiorul lămpilor, grosimea minimă este de 0,75 mm<sup>2</sup>, iar pentru conductele care alimentează lămpi sau prize 1 mm<sup>2</sup>.

Dar, pentru a face calculul grosimii conductelor, trebuie cunoscute receptoarele și puterea lor. Pentru lămpile incandescente se introduce în calcul puterea lor reală, dar cel puțin 50 de wați pe lampă, chiar dacă ele sunt mai mici, și cel puțin 500 wați pe circuit, chiar dacă sunt mai puțin. Pentru electromotoare se va socoti în calcul puterea cea mai mare pe care o pot absorbi. Pentru electromotoarele cu porniri repetate și în sarcină (ascensoare și poduri rulante) se va socoti odată și jumătate curentul normal.

*Tuburile de protecție.* Conductele izolate se pot instala în mai multe feluri :

— Uneori, mai ales pentru instalații provizorii, conductele sunt așezate pe izolatoare sau pe role de porțelan fixate pe pereți.

— Mai adesea, conductele sunt introduse în tuburi de protecție.

Cele mai folosite sunt tuburile numite *Bergman*. Ele sunt făcute dintr-o tablă subțire de 0,2 mm, plumbuită înăuntru la careia se găsește un înveliș de hârtie izolantă. Tubul metalic are o tivitură (falț) pe toată lungimea. Se folosesc aceste tuburi de protecție în încăperi uscate sau în acelea în care umezeala apare rareori și anume pentru montaj pe țencuială, dar mai adesea pentru

montaj sub tencuială. Din cauză că tivitura nu închide bine, iar îmbrăcăminte de liartie absoarbe apă, asemenea tuburi nu se pot folosi în încăperi umede. Ele se fabrică de obicei cu următorii diametri interiori: 7, 9, 11, 13, 15, 16, 21, 23, 29, 36, 48 mm. Primele două dimensiuni se folosesc numai la sonerii și telefoane.

Uneori, conductele se așază în tuburi de oțel. Aceasta se face în cazurile când conductele electrice pot să fie supuse loviturilor, acțiunii prafului, aburilor sau gazelor corosive. De asemenea se mai întrebuințează acest montaj când tuburile se fixează în planșee, în beton, etc.

Tuburile de oțel sunt de două feluri: unele din tablă de oțel, iar altele sunt din țevă cu șurub, îmbinarea acestora din urmă făcându-se prin înșurubare. Ele nu mai lasă să pătrundă înăuntru nici umezeala și nici praful sau gazele corosive. Tuburile din tablă de oțel protejează numai împotriva loviturilor mecanice.

**168. Întrerupătoare.** Orice receptor de curent trebuie să aibă un mijloc pentru întreruperea sau restabilirea circulației curentului. Pentru instalațiile de lumină se întrebuințează întrerupătoare *rotative* sau *basculante* și *întrerupătoare cu pârghie*. Întrerupătoarele rotative se compun dintr'o cutie în care se găsesc două contacte fixe, la care se leagă firele circuitului electric.

Un cilindru izolanț se poate învârti în cutie; pe el se găsește o piesă de metal care constituie contactul mobil.

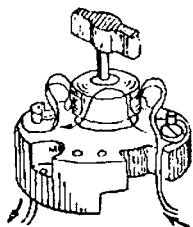


Fig. 260 a. — Întrerupătorul rotativ deschis

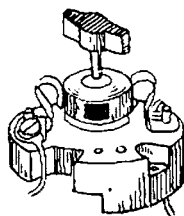


Fig. 260 b. — Întrerupător rotativ închis

Învârtind butonul întrerupătorului se rotește cilindrul mai sus arătat: într'o poziție, contactul mobil unește contactele fixe și curentul trece prin circuit; în altă poziție contactul mobil nu mai leagă contactele fixe și curentul nu mai trece.

Trecerea dela o poziție la alta se face printr'o săritură, datorită unui resort. Motivul funcționării prin săritură este următorul: la întrerupere se formează un mic arc electric care strică capetele de contact. Pentru ca scânteia să fie scurtă trebuie ca întreruperea să fie bruscă.

Se construiesc întrerupătoare a căror cutie se instalează pe tencuială și altele a căror cutie se instalează sub tencuială.

Întrerupătorul basculant are, în loc de cilindru și buton de învârtire, o pârghie, care poate juca în sus și în jos în jurul unui ax.

*Întrerupătorul cu pârghie* are două contacte fixe unde se leagă firele circuitului. Contactul mobil este un cuțit ținut de o pârghie, prins cu un arc. Când tragem de pârghie arcul se întinde și face să sară cuțitul brusc producând o întrerupere repede, așa fel ca scânteia să nu dureze mult.

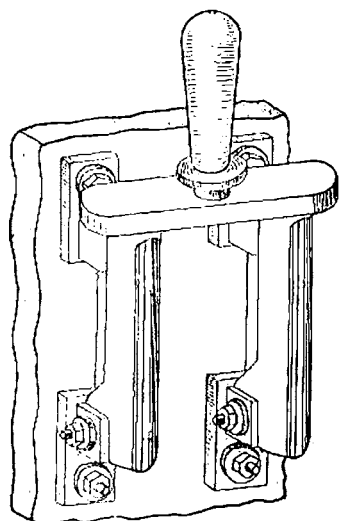


Fig. 262. — Întrerupător cu pârghie inclis

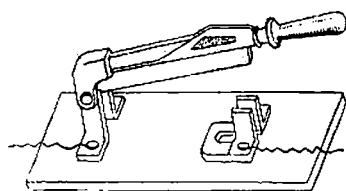


Fig. 261. — Întrerupător cu pârghie deschis

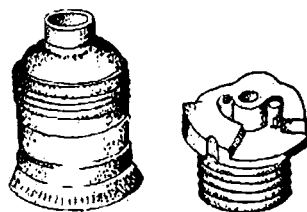


Fig. 263. — Dulle de lampă

Întrerupătoarele cu pârghie se montează pe tablourile de distribuție. Asemenea întrerupătoare se folosesc în general pentru intensități mari.

169. **Prize și dulii.** *Prizele de curent* servesc pentru a lega la un circuit aparate care pot să-și schimbe locul : lămpi portative, aparate pentru utilizarea curentului (plite, fierbătoare, etc.).

Ele se compun dintr'o parte fixă, priza propriu zisă, și partea mobilă, fișa sau furca.

*Duliile* sunt piesele care servesc la legarea conductelor cu becurile incandescente. Ele se fixează în corpurile de luminat și se compun dintr'un corp izolant, în care sunt fixate piese de contact cu ajutorul unor șuruburi de strângere și la care se leagă conductele de alimentare. Piesele de contact sunt un tub cu ghivent în interior și o limbă de contact. Un bec electric, înșurubat, face contact prin vârful soclului cu limba dela fundul duliei, iar cu suprafața laterală a soclului prin ghiventul duliei.

170. **Materiale auxiliare.** Între aceste sunt :

a) *Piese de izolare*: role, izolatoare, tile, pipe, tuburi de cauciuc semiflexibile, bande izolante.

Rolele și izolatoarele servesc pentru sprijinirea conductelor montate la suprafața pereților, etc.

Tuburile semiflexibile servesc ca protecție la trecerea con-

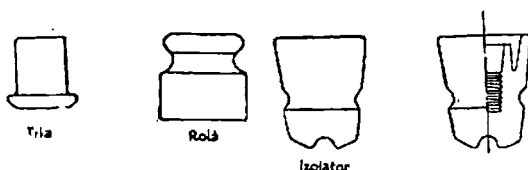


Fig. 264. — Piese de izolare

ductelor prin pereți.

Pipele și tilele sunt introduse în capetele tuburilor.

Banda izolatoare izolează porțiunile de legătură unde conductorii au fost desgoliți.

b) *Piese de fixare*: șuruburi, suportți, crampoane, scoabe.

c) *Materiale pentru lipit*.

d) *Papuci* care îmbracă capătul conductorilor, spre a putea fi prinși la borne.

e) *Materiale diverse*: ipsos, ciment (care servesc pentru fixarea în zid a tuburilor, aparatelor, etc.) petrol pentru curățit și benzină pentru lămpile de încălzit.



171. **Aparate electrice de utilizare curentă. Lămpi.** Becurile sunt îmbinate prin soclul lor în dulii. Se folosesc două feluri de îmbinări: prin șurub și prin contacte înfipte (baionetă). La noi în țară se întrebuițează îmbinarea prin șurub și foarte rar, cea prin baionetă. După mărimea becului, șurubul este de trei mărimi: mic, normal, până la 300 W, și mare sau Goliath pentru becuri de peste 300 W. În încăperi umede și acolo unde

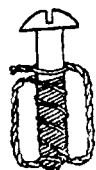


Fig. 265. — Piese de fixare

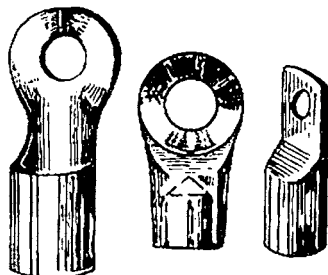
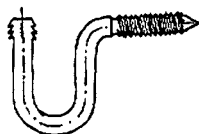


Fig. 266. — Papuci

se lucrează în contact cu părți metalice, de exemplu în interiorul cazanelor, este necesar să se folosească lămpi electrice alimentate cu o tensiune foarte joasă, 24—42 V, întru cât tensiunile mai mari sunt periculoase în asemenea locuri.

*Motoarele* se aleg după situația locală și anume pot fi:

- motoare deschise;
- motoare protejate contra atingerilor sau contra picăturilor de apă;
- motoare închise (capsulate sau blindate).

Tensiunile obișnuite sunt:

Pentru curent continuu: 110, 220 și 440 V, iar pentru curent trifazat: 125, 220 și 380 V.

Dispozitivul de pornire al motoarelor. Motoarele de curent continuu de 110 și 220 V până la 0,5 kW se pot pune în mișcare numai printr'un simplu întrerupător. Cele de puteri mai mari vor fi prevăzute cu *reostat de pornire*.

Motoarele de curent trifazic cu indusul în scurt-circuit până la 2,2 kW, se pot pune în mișcare direct printr'un întrerupător. Cele între 2,2 și 7 kW trebuie să fie prevăzute cu aparate de comutat bobinajul indusului (stea-triunghi).

Motoarele mai mari de 7 kW vor fi prevăzute cu *întrerupătoare automate* cu releuri *pentru tensiune nulă*, care vor trebui să întrerupă circuitul în momentul când tensiunea a scăzut sub o anumită limită. De asemenea vor avea un ampermetru instalat în apropierea reostatului de pornire.

Motoarele cu putere mai mare de 15 kW vor fi prevăzute cu întrerupătoare automate pentru *curent maximal* și *tensiune nulă*.

Dacă într-o instalație sunt mai multe motoare cu o putere totală mai mare de 15 kW, va fi prevăzut un întrerupător general automat pentru curent maximal și tensiune nulă.

*Aparatele electrodomestice.* Aparatele care absorb un curent de maximum 10 amperi se pot întrerupe numai prin scoaterea fișei din priză.

Aparatele care consumă un curent mai mare trebuie să aibă întrerupător.

*Aparatele electromedicale.* Aparatele de înaltă tensiune ale instalațiilor de raze X se așază într-o cameră separată. Mezele pe care se așază bolnavul trebuie să fie de lemn sau din alt material izolant.

*Puneri la pământ.* Părțile metalice ale aparatelor care în mod obișnuit nu sunt sub tensiune dar care, din cauza unui defect de izolație pot fi puse sub tensiune, trebuie legate de pământ. Astfel se procedează în special cu motoarele electrice.

**172. Ascensoarele.** La instalarea acestora trebuie luate mai multe măsuri de siguranță :

— Ușile exterioare trebuie să aibă broaște electrice care să împiedece deschiderea când ascensorul este între etaje, de asemenea să împiedece pornirea ascensorului când una din uși este deschisă.

— Dispozitiv care să oprească automat ascensorul, când iuteala de coborîre este prea mare.

— Dispozitivul ca, în momentul când ascensorul ar trece de capătul cursei în sus sau jos, curentul să se întrerupă.

— Cabinele ascensoarelor trebuie să aibă două funduri, unul fiind de siguranță. Când acest fund atinge un obstacol trebuie să se producă oprirea cabinei.

— În sfârșit, un dispozitiv care să frâneze mișcarea, dacă vreun cablu de susținere s'ar rupe.

173. **Instalații electrice în încăperi cu condiții speciale.** În încăperi umede: băi publice, spălătorii, fabrici în care se produc mari cantități de vapori, etc., instalațiile se execută în modul următor:

Tuburile de protecție sunt de oțel și se așază peste ten-cuială.

Înterupătoarele se așază înafara acestor încăperi sau sunt de construcție specială (contra umidității). Lămpile sunt și ele impermeabile.

Nu trebuie instalate motoare în aceste încăperi sau, dacă se instalează, motoarele trebuie să fie protejate contra pătrun-derii apei.

În încăperile în care se produc *vapori acizi* (săli de acumula-toare, tăbăcării, fabrici de produse chimice, etc.) se vor între-buina conducte izolate care nu sunt atacate.

În încăperile în care se găsesc materiale ușor *inflamabile* (depozite de furaj, depozite de filme, în fabrici de lumânări, în localuri în care sunt vapori de benzină, petrol, etc.) se execută cu aceleași măsuri de siguranță.

174. **Verificarea instalațiilor electrice.** După terminarea unei instalații, ea trebuie verificată dacă corespunde regulilor tehnice.

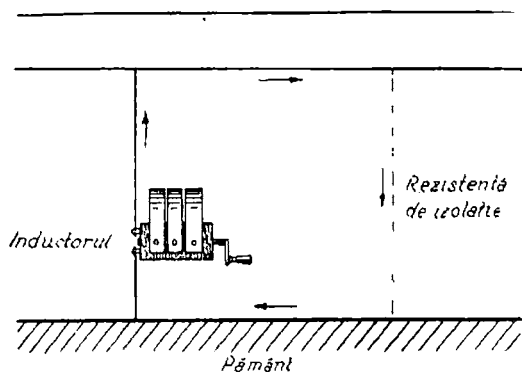


Fig. 267. — Măsurarea rezistenței cu inductorul

Cea mai importantă verificare este verificarea izolației, care se face cu *inductorul*, pe care l-am învățat.

Aparatul se leagă cu o bornă la pământ și cu cealaltă la conductorul a cărui izolație vrem să o măsurăm.

Se învârtăște maneta inductorului, ceea ce are de efect producerea unei forțe electro-motoare. Circuitul ei se închide prin rezistența de izolație dintre conductor și pământ.

Dacă rezistența este mică, deci izolația defectuoasă se va produce un curent mare. Aparatul se gradează direct în ohmi.

Se cere ca rezistența să fie cel puțin de 1000  $\Omega$  (în care  $U$  este tensiunea rețelei); deci la instalațiile de 110 V va trebui ca izolația să aibă 110 000  $\Omega$ . De obicei instalațiile bine executate au rezistențe de cel puțin 0,5 M  $\Omega$  (1 M  $\Omega$  = 1 000 000  $\Omega$ ).

O izolație defectuoasă poate produce mari neajunsuri: incendii și accidente de persoane.

Executarea verificării se face după prescripții speciale.

**175. Intreținerea instalațiilor electrice.** Instalațiile electrice trebuie să fie revizuite din când în când și starea izolației trebuie să fie controlată.

Toate părțile trebuie ținute în bună stare: tablouri, siguranțe, întrerupătoare, etc.

Fuzibilele topite trebuie înlocuite cu altele calibrate, iar nu cu sârme la întâmplare sau cu bucăți de metal.

Nu trebuie să se înlocuească receptoarele prin altele mai mari decât cele prevăzute la început, căci vor absorbi un curent mai mare care poate pune în pericol instalația.

Contactele de legătură trebuie să fie bine executate. Un contact rău produce încălziri.

### Intrebări recapitulative

1. Să se descrie drumul curentului electric până la bransament.
2. Ce se numește instalație interloară?
3. Să se descrie planul unei instalații.
4. La ce servește tabloul de distribuție?
5. Cum se execută?
6. La ce servesc siguranțele fuzibile?
7. De câte feluri sunt?
8. De ce se înlocuiesc siguranțele prin întrerupătoare automate? Ce avantaje au?
9. Ce sunt conductele electrice? Ce fel de conducte cunoașteți pentru instalațiile interloare?
10. La ce servesc tuburile protectoare?
11. De câte feluri sunt?

12. Descrieți tubul tip Bergman.
13. Cum se derivează conductele?
14. Cum se determină grosimea conductelor?
15. Unde se instalează întrerupătoarele? De câte feluri sunt?
16. Ce sunt prizele? Dar dușile?
17. Ce materiale auxiliare pentru instalație cunoașteți?
18. Ce este punerea la pământ?
19. Câte feluri de socluri de becuri sunt?
20. Ce construcții au motoarele folosite în diferite scopuri?
21. Ce fel de întrerupătoare și aparate de pornire trebuie instalate la diferite mărimi de motoare?
22. Ce măsuri se iau la instalarea aparatelor casnice? Dar la cele medicale?
23. Ce măsuri de siguranță sunt necesare pentru ascensoare?
24. Instalațiile electrice se execută la fel în orice fel de încăperi?
25. Ce măsuri tehnice se iau în încăperile în care sunt condiții speciale?

## XVIII. INTREBUINȚARILE ELECTRICITĂȚII

### Electromotoarele

**176. Motorul electric este un neprețuit ajutor al lucrătorului.** Toate mașinile care trebuie mișcate, sunt acționate de motoare. Pot fi folosite și alte motoare, nu numai cele electrice și anume: mașini cu abur, motoare cu ardere internă (cu explozie sau Diesel) motoare cu aer comprimat, motoare hidraulice.

Motorul electric, are însă foarte multe calități care-l fac superior celorlalte și, din această cauză, este cel mai întrebuințat.

Motorul electric are o construcție simplă și este lesne de instalat, pe când toate celelalte motoare sunt construite mai complicat, și au nevoie de reparații, de întreținere specială și de supravegherea unui specialist.

Toate motoarele au manevre de pornire și oprire mult mai complicate decât ale motorului electric, care poate fi pornit printr-o simplă învârtire de manivelă, operațiune pe care o poate îndeplini oricine.

Motorul electric face, în general, un mare număr de învârtiri pe minut; de aceea el este de dimensiuni mult mai mici decât orice alt motor de aceeași putere. Învărtiri mai puține se pot obține prin angrenaje reducătoare.

În sfârșit, celelalte motoare cer instalații pentru depozitarea combustibilului și manipularea lui, pe când motorul electric primește curentul prin conducte dela centrale producătoare, de aceea nu dă nicio grijă pentru combustibil.

Într-o fabrică sau atelier, în care sunt multe mașini în diferite locuri, trebuie să fie mai multe motoare, răspândite câte unul la fiecare mașină, sau la fiecare grupă de mai multe mașini.

Dacă nu am avea motoare electrice, această soluție ar fi greu de aplicat numai cu mașini cu abur sau cu motoare cu ardere internă. Cu ajutorul electricității, putem avea forță motoare în orice loc cu cea mai mare ușurință.

Motoarele se construiesc cu forme foarte diferite, ca să se poată potrivi cât mai bine cu mașina pe care trebuie să o acționeze. Prin perfecționări, spațiul ocupat de un motor a ajuns să fie foarte redus și, de aceea, chiar în cazurile speciale i se poate găsi un loc (gândiți-vă la motorușul dintr'un aparat de uscat părul).

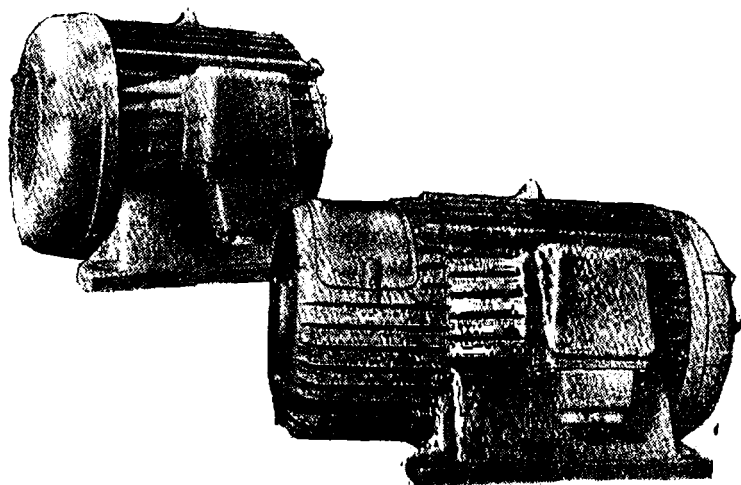


Fig. 268. -- Diferite tipuri de motoare electrice

În adevăr, motorul electric este unul dintre cei mai prețioși ajutoari ai muncii omului.

El înmulțește nebănuit puterea de producție.

De aceea este folosit aproape în orice activitate productivă. Ne-ar trebui multe pagini ca să înșirăm toate locurile unde întrebuințarea lui este cerută. Vom semnală numai pe cele mai importante.

Aproape oriunde se mai folosește forța fizică a omului, motorul electric poate veni în ajutor, eliberându-l astfel de sarcini

copleșitoare și făcându-l disponibil pentru alte întrebuințări mai potrivite.

Sunt operațiuni la care forța fizică aplicată nu este mare, dar este cerută în continuu și prin aceasta este obositor; cum este mișcarea unei pedale la mașina de cusut, sau a unei manivele (de exemplu la o mașină de bătut untul sau chiar la o mașină de calculat).

Și aceste mici forțe sunt înlocuite lesne și cu folos de motorul electric.

Chiar acolo unde experiența a dat rezultate foarte bune cu motoare cu abur sau cu ardere internă, se constată deseori că motorul electric, aplicat în mod potrivit scopului, poate da rezultate și mai bune.

*Organizarea socialistă a muncii*, urmărește crearea unor asemenea condiții încât lucrătorul să obțină o *productivitate cât mai mare*, cu un efort cât mai mic.

Productivitatea muncii este cantitatea de produse obținute în unitatea de timp.

Motorul electric este un auxiliar neprețuit în vederea acestui rezultat.

De aceea, R. P. R. va trebui cât mai curând să producă cât mai multă energie electrică pentru a se înmulți motoarele în fabrici, în ateliere, la munca agricolă, etc.

**177. Motoarele electrice pentru mașini de întrebuințare generală.** În primul loc vom aminti de acele mașini, care se înaltesc în cele mai multe fabrici sau activități productive și care, deși nu sunt mașinile principale pentru fabricație, totuși, sunt niște auxiliari foarte prețioși.

Astfel sunt: *pompele cu piston și cele centrifugale* (adică cu palete care împing apa la mare distanță sau cu mare presiune), *ventilatoarele*, care primesc aerul, *compresoarele*, care împing aerul necesar diferitelor operațiuni de fabricație, *macaralele, podurile rulante, etc.*

Aceste mașini sunt aproape întotdeauna mișcate de motoare electrice.

**178. Motoare pentru mașini speciale.** Fiecare industrie și activitate de producție are însă mașinile ei speciale, care nu se



întâlnesc în alte industrii și care sunt mișcate de motoare electrice.

*În atelierele mecanice*, mașinile unelte (strung, mașina de găurit, de rabotat, freză, etc.) sunt puse în mișcare fiecare de câte un motor electric (aceasta se numește acționare independentă) uneori mai multe mașini unelte sunt puse în mișcare prin curele și roți de transmisiune dela un arbore. Acționarea independentă are avantaje și se folosește din ce în ce mai mult.

Tipul de motor cel mai des aplicat este cel asincron. Se poate aplica foarte bine și motorul de curent continuu, când se dispune de acest curent. Variația de viteză se obține prin schimbători cu roți dințate. În ce privește mărimea motoarelor, puterea lor variază după felul mașinii, dela  $\frac{1}{2}$  CP până la 50—60 CP.

*În fabricile și atelierele de prelucrat lemnul* se folosesc diferite mașini, care sunt mișcate de motoare electrice de putere până la aproximativ 20—25 CP.

*În industria prelucrării oțelului*, motoarele electrice au, în special, rolul de a mișca laminoarele, valțurile puternice care din oțelul brut fabrică tabla, fierul profilat, șinele, etc. Aici sunt necesare motoare puternice și instalații speciale din cauza modului de funcționare. În adevăr, când oțelul brut intră în valțuri se cere dela motor o putere foarte mare; după ce materialul a fost prelucrat și a ieșit afară, până la introducerea unei alte bucăți de oțel brut, motorului nu i se mai cere o putere mare.

Puterea motoarelor pentru laminare este de mai multe mii de kW.

*În fabricile textile* sunt necesare motoare pentru acționarea diferitelor mașini care prelucrează bumbacul, lâna, etc., pentru a le transforma în fire, în țesături și stofe.

Acționarea se face prin câte un motor la câte un grup de mașini sau pentru fiecare mașină în parte. Puterea necesară este în general mică, varind între  $\frac{1}{2}$  CP până la maximum 10 CP.

*Morile de făină* sunt și ele acționate de motoare electrice.

*În fabricile de ciment* motoarele sunt necesare pentru concasoarele care sfărâmă materia primă (anumite argile și pietre de var) pentru transportul produselor, pentru acționarea cuptoarelor rotative și pentru diferite alte operațiuni accesoriu.

*În fabricile de celuloză și hârtie*, motoarele electrice sunt ne-

cesare în special, pentru morile de lemn și mașinile care transformă pasta în hârtie.

*În atelierele de arte grafice* sunt în general folosite motoare mai mici.

*În industria frigului și a fabricației gheței artificiale*, motorul electric este indispensabil.

*La exploatarea miniere* cererea de forță motoare este foarte mare, pentru diferite scopuri.

Aproape toate minele au nevoie de pompe pentru a îndepărta apa. Motoarele electrice în aceste cazuri trebuie să fie de construcție specială, căci stau tot timpul în atmosferă umedă și mai sunt expuse și picăturilor de apă.

Din cauză că ele trebuie să fie cât mai sigure, se fac de o construcție robustă: de aceea, se folosesc aproape numai motoare asincrone de mare viteză.

În minele de cărbuni, în care se produc gaze explozibile, motoarele sunt astfel construite ca scânteile să nu producă aprinderea gazului.

Ventilatoarele, care duc în adâncime aerul proaspăt și-l scot pe cel viciat, sunt acționate de motoare electrice.

Grupurile motoare ventilatoare sunt instalate la suprafața pământului, deci nu trebuie luate măsuri speciale ca pentru acelea care funcționează în adâncime.

Pentru găurirea galeriilor se folosesc mașini care pot fi acționate electric dar, foarte adeseori, prin aer sub presiune, produs de compresoare mișcate de motoare electrice.

Ridicarea minereurilor sau cărbunilor din mine se face cu macarale sau cu mașini de extracție mișcate de motoare electrice. Ele funcționează în condiții speciale: puneri în mers dese, sarcină la pornire mare, efort continuu în timpul ridicării, etc.

Din cauza pornirilor repetate se pierde multă energie la reostatul de pornire, de aceea, pentru asemenea mașini se folosește mai bine o combinație după sistemul numit Leonard. Acesta se compune dintr'un motor de curent alternativ sau de curent continuu, care acționează un generator de curent continuu: curentul produs alimentează un motor de curent continuu care mișcă mașina de extracție. Curentul de excitație al generatorului de curent continuu poate să fie modificat dela 0 până

la valoarea maximă și i se poate chiar schimba sensul cu ajutorul unui comutator. În felul acesta tensiunea produsă de generator poate fi variată. Bine înțeles că în felul acesta viteza motorului va varia treptat și sensul de rotație se poate schimba ușor.

Sistemul Ward-Leonard se folosește și la laminoare.

În sfârșit, motorul electric se mai întrebuințează la mine pentru transportoare, ascensoare și alte mașini.

*La exploatarea de țiței, motoarele electrice sunt folosite la foraje (găuri în pământ), care uneori se execută până la câteva mii de metri adâncime; prin ele se scoate țițeiul.*

Apoi la diferitele stațiuni de pompare legate cu conducte, care transportă la rafinerii țițeiul extras.

La rafineriile de țiței sunt numeroase motoare electrice, în special pentru pompe de apă și pentru a transporta produsele petrolifere obținute la locurile lor de încărcare, de depozitare, etc.

În sfârșit, *într-o serie de alte industrii*, motoarele electrice sunt de asemenea de cel mai mare folos.

Dar și *în micile ateliere meșteșugărești* putem găsi adeseori motoare electrice: în brutării, pentru frământarea aluatului, în cofetării, la preparat diferite produse (bătut albușul, frișca), în mezelării, pentru tocat și amestecat, etc.

Nu numai în industrie dar și *în agricultură* este necesar motorul electric.

La țară nu există ca la oraș alimentarea cu apă prin conducte. Se pot face însă puțuri, de unde apa poate fi lesne scoasă cu ajutorul pompei mișcată de un motor electric și, apoi, distribuită prin conducte acolo unde este nevoie.

Alte mașini necesare unei gospodării agricole și care pot fi acționate electric sunt: mașina de tocat nutreț, mașina de muls, mașina centrifugă pentru scos untul, elevator pentru ridicarea paielor, fânului în stog, mașini de treierat, de tuns oile, etc.

Apoi, atelierul de reparat unelte agricole are și el nevoie de motoare electrice. În agricultură este adesea necesar să deplasăm motoarele în diferite locuri și, de aceea, se întrebuințează motoarele transportabile.

Se înțelege însă că, numai o exploatare agricolă mai mare și mai bine organizată va putea să aibă asemenea instalații.

Gospodăriile colective vor putea să introducă electricitatea la țară, ușurând munca oamenilor.

Un alt loc în care motorul electric are un rol foarte important sunt *porturile*. Mișcarea produselor, pentru a fi încărcate și descărcate, cere macarale de diferite tipuri și puteri.

În porturi avem magazine mari precum sunt acelea de cereale (silozurile), în care sunt totdeauna instalate un mare număr de motoare electrice.

Dar de forță motoare este nevoie și *în locuințe*. Nu se cer puteri mari ca în fabrică, totuși, motoare mai mici sunt foarte folosite.

Ascensoarele, fără de care urcatul într-o clădire mai înaltă este greu, sunt acționate de motoare.

Injectorul de păcură al caloriferului are un motor care mișcă pompa pentru împingerea combustibilului și un ventilator de aer.

Răcitorul, aspiratorul de praf și chiar un mic aparat de uscat părul sunt echipate cu motoare electrice. Apoi la clădirile cu mai multe etaje apa este ridicată cu ajutorul unor pompe mișcate de motoare electrice și care se numesc hidrofoare.

#### 179. Câteva lucruri de știut relativ la motoarele electrice:

a) Motoarele electrice trebuie ținute curate.

b) Să se verifice din când în când starea uleiului lagărelor, căci cu timpul uleiul se îngroașă; atunci trebuie scos, lagărul trebuie curățat cu petrol și apoi se înlocuiește uleiul cu altul proaspăt. Motoarele care au lagărele pe bile au mari avantaje: cu gresajul dela început, pot să funcționeze chiar 2—3 ani fără vreo întreținere.

Temperatura lagărelor se controlează cu mâna.

c) Colectorul trebuie să fie menținut neted. Dacă s'a uzat mult din cauza funcționării trebuie să fie rotunjit din nou.

d) Pentru a nu se produce scântei, perile de cărbune trebuie să fie în poziția lor normală; ele nu trebuie să preseze prea tare pe colector.

e) La pornirea motoarelor de curent continuu trebuie să se observe următoarele: se închide întrerupătorul numai dacă maneta reostatului de pornire este pusă în poziția de întrerupere. Apoi maneta se mișcă spre poziția de mers în plin, încet, dar fără a întârzia pe fiecare contact mai mult decât câteva secunde.

Nu trebuie niciodată să se lase maneta pe un contact intermediar.

La oprire se manevrează maneta în sens invers și apoi se deschide întrerupătorul general.

Pornirea și oprirea motoarelor alternative se face la fel.

f) La motoarele electrice mai mari trebuie instalate *întrerupătoare automate*, care deschid circuitul atunci când s'a ivit un defect. Deschiderea este pricinuită de aparate numite *relee*. Ele au un rol foarte important căci protejează motorul de accidentele care-l pot vătăma.

### Intrebări recapitulative

1. Care sunt avantajele motorului electric față de alte motoare?
2. Care sunt întrebările principale ale motoarelor în diferitele industrii?
3. Idem în atelier?
4. Idem în agricultură?
5. Idem în locuințe?
6. Cum se pornește un motor?
7. Ce măsuri de întreținere și exploatare trebuie să luăm?

### Tracțiune electrică

180. **Ce avantaje are tracțiunea electrică ?** Tracțiunea electrică este una din aplicațiile electricității care ia o dezvoltare din ce în ce mai mare.

Transportul oamenilor și al mărfurilor pe calea ferată, se face în vagoane trase, de obicei, de locomotive cu abur. Aceasta este tracțiunea cu abur.

De mult s'a introdus însă și locomotiva electrică, mișcată de motoare electrice.

Tracțiunea electrică are multe avantaje asupra aceleia cu abur ; vom arăta câteva :

— Energia electrică este produsă în centrale care pot folosi combustibili inferiori sau forța apelor curgătoare pe când locomotivele cu abur întrebuintează păcură sau cărbuni de calitate superioară. Deci, *tracțiunea electrică economisește combustibilii de bună calitate.*

— În centrale electrice transformarea combustibililor în

Tracțiunea electrică s'a dezvoltat în toate țările care au de aici rezultat o economie de combustibil.

— Tracțiunea electrică nu produce fum, foarte supărător când calea ferată trece prin oraș sau prin tunel.

— Locomotiva electrică pornește repede din loc; pe pante sau în curbe trage mai bine decât cea cu abur. De aceea este în special folosită pentru căile ferate de munte. Ea este mai ușoară decât cea cu abur, deci se face economie de materiale.

— Întreținerea locomotivei electrice este mai ieftină decât a celei cu abur, etc.

**181. Instalațiile unei căi ferate.** Locomotivele electrice sunt puse în mișcare de *motoare electrice*; ele nu mai au deci cazan, pistoane, biele, etc., nici tender cu cărbuni și apă.

Motoarele sunt complet închise pentru a fi ferite de atingere.

Mișcarea se transmite la roți prin angrenaje, care și ele sunt închise în cutii pline cu unsoare.

Curentul electric este primit dela o centrală electrică prin fire aeriene și prin șine.

Se întrebuințează următoarele feluri de curent: alternativ trifazat, alternativ monofazat și continuu.

Sistemul trifazat permite folosirea motorului asincron care este robust.

Curentul monofazat permite folosirea motorului monofazat cu colector, care are o forță mare la pornire, lucru foarte important căci locomotiva poate trage trenuri foarte încărcate și poate porni și în pantă. Dar motorul de curent monofazat este mai greu decât cel de curent continuu.

Curentul folosit nu mai are frecvența obișnuită de 50 perioade pe secundă, ci una mai mică, de  $16 \frac{2}{3}$ . Deci, trebuie instalații speciale pentru a produce curent cu această frecvență redusă.

Curentul continuu are multe avantaje: se poate folosi motorul serie, foarte bun pentru acest scop; căci are forță mare de pornire, viteza se poate schimba, etc.

Tensiunea de alimentare pentru curentul monofazat este de circa 15 000 V, iar pentru curentul continuu 3000—4000 V.

Manevrele pentru pornire, variația vitezei și oprirea mo-

torului se fac cu ajutorul unui aparat numit *controler*. Un asemenea controler are și tramvaiul electric.

Frânarea trenurilor electrice se face obișnuit ca și la trenurile cu abur (adică prin frâna de mână și cu aer comprimat), dar și prin frânare electromagnetică și prin frânare electrică.

Frânarea electromagnetică se bazează pe atracția dintre

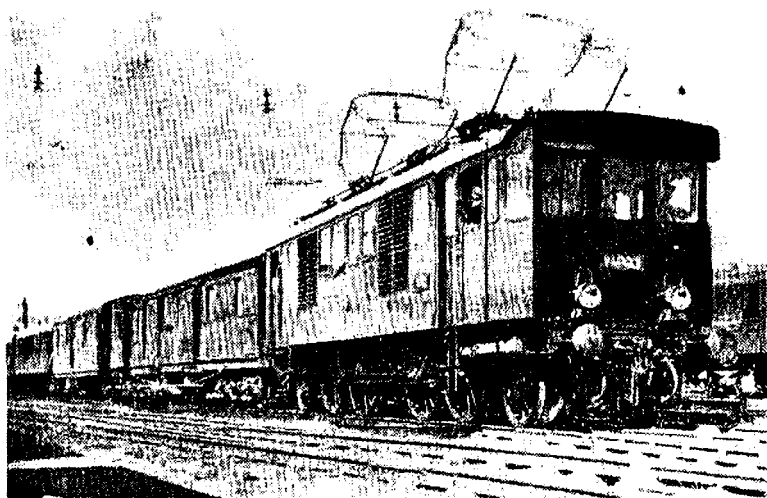


Fig. 269. — Locomotivă electrică

electromagneți fixați pe osii și piese de fier fixate de vagon. Când se trimite curent în electromagneți se produce o forță de atracție care frânează învârtirea osiei.

Frânarea electrică constă în a schimba legăturile motorului astfel ca el să devină generator electric și, deci, să absoarbă forța mecanică a vagonului pentru învârtire.

Să urmărim acum instalațiile prin care curentul ajunge la locomotivă.

Dela centralele electrice pleacă linii aeriene de transport electric care se opresc în diferite puncte așezate de-a-lungul căii ferate. Tensiunea de transport, după cum știm, este mare și depinde de depărtarea centralei.

La punctele de terminare ale liniilor se găsesc stații care *alimentează firele de cale*, adică firele așezate pe stâlpi de-a-lungul liniei ferate.

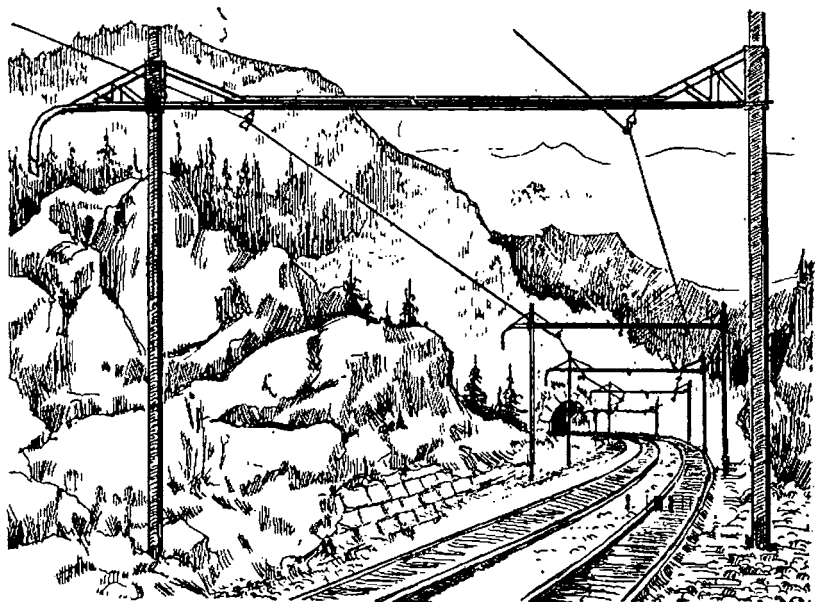


Fig. 270. — Cale ferată electrificată

Locomotiva are deasupra ei unul sau mai multe brațe (tro-leul), care fac contact cu firul aerian și primesc astfel curentul. O altă cale de curent sunt *șinele*.

Am arătat însă că se pot folosi diferite feluri de curent. Să cercetăm cum se face alimentarea pentru fiecare.

Dacă locomotiva este pentru curent trifazat, trebuie trei căi de curent, care se obțin astfel: două sunt linii aeriene, iar a treia șinele. Aceasta este un neajuns față de celelalte feluri de curent care au nevoie numai de un fir aerian.

În centralele electrice se produce aproape întotdeauna curent trifazat. Dacă se folosește curentul monofazat sau continuu la stațiile de alimentare trebuie făcută transformarea din curent trifazat în curent monofazat.



În afară acestui sistem de tracțiune electrică se mai folosesc :  
*a)* baterii de acumulatoare instalate pe locomotivă ; *b)* motoare Diesel sau turbine de gaz, care acționează generatoare electrice producând curent electric chiar pe locomotivă.

Curentul produs mișcă apoi motoare de tracțiune.

**182. Alte aplicații ale tracțiunii electrice.** Tracțiunea electrică este folosită nu numai pentru trenuri dar și pentru tracțiunea în orașe: tramvaie, trenuri subterane (metropolitane) și troleibuse. Curentul folosit este cel continuu cu tensiunea de 600—800 V, care se obține din curentul alternativ cu ajutorul convertitoarelor sau redresoarelor instalate în stațiuni aflate în diferite puncte ale rețelei de tracțiune.

Toate orașele mari au linii cu trenuri subterane. Moscova are cea mai modernă și cea mai frumoasă instalație de metropolitan. Această realizare arată marile posibilități ale tehnicii sovietice, cea mai avansată tehnică.



Fig. 271. — Tramvai electric

Troleibusul este un autobus cu motor electric care primește curentul prin fire de cale.

La București s'au introdus troleibuse, datorită ajutorului dat de U.R.S.S.

Se mai folosesc locomotive electrice cu acumulatoare pentru mine sau pentru alte transporturi pe distanțe mici.

Tracțiunea electrică s'a dezvoltat în toate țările care au surse mari de energie hidroelectrică.

Și în R.P.R. va trebui să fie electrificată o parte din liniile grele de munte, cu trafic mare.

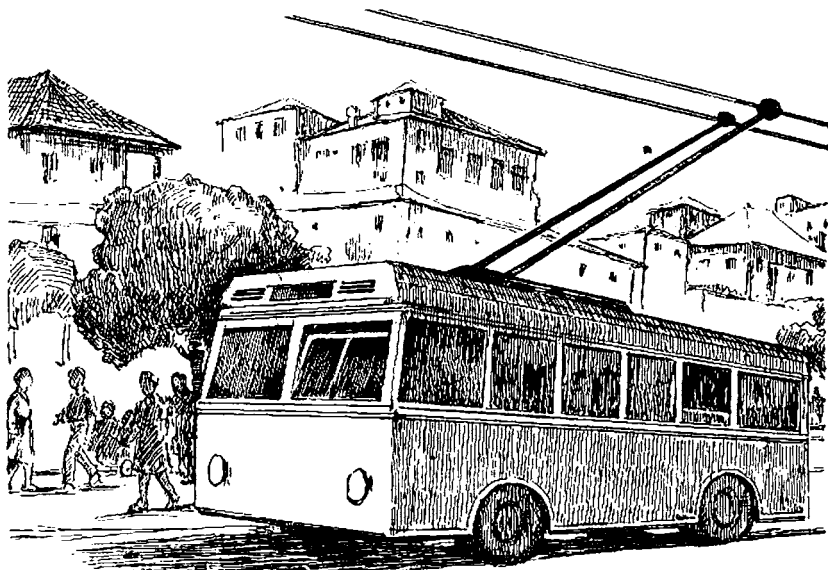


Fig. 272. — Troleibuz

Trebue să mai notăm că electricitatea este folosită și de alte mijloace de transport: trenurile au instalații de luminat electric, autovehiculele, vapoarele și avioanele au și ele instalații electrice foarte importante.

În sfârșit, funiculararele care servesc la transportul oamenilor sau produselor în munte, acolo unde nu se pot construi drumuri sau căi ferate, sunt și ele deseori puse în mișcare de motoare electrice.

#### Întrebări recapitulative

1. Ce avantaje are tracțiunea electrică?
2. Cum este alcătuită o instalație de cale ferată electrică?
3. Ce fel de curent se folosește?
4. Care sunt avantajele și dezavantajele fiecărui fel de curent?
5. Ce alte aplicații ale tracțiunii electrice cunoașteți?

## Electrocăldura, electrochimia și electrometalurgia

183. **Aplicații industriale.** În lecțiile trecute am văzut cât de ușor se poate transforma energia electrică în energie calorică.

Întrebuințările practice ale acestor proprietăți sunt numeroase și de mare folos.

Electrocăldura este folosită în industrie, în special pentru următoarele scopuri :

*Cuptoare pentru topit metalele*, care pot să fie cu arc, prin inducție sau de înaltă frecvență, cuptoare pentru obținerea fontei și oțelului ; cuptoare pentru obținerea aluminiului, zincului, plumbului, fosforului, wolframului, grafitului, carburidului ; cuptoare pentru uscat lacuri, emailuri, caolin, în industria textilă, industria uleiului, industria frigului, etc.

*Sudura electrică* prin arc sau prin rezistență.

Alte aplicații ale electrocăldurii sunt în locuințe, în spitale, cantine și anume : pentru gătit, pentru copt, pentru răcitoare, pentru preparat apa caldă, pentru călcat, etc.

Electrocăldura mai poate să fie folosită pentru încălzit încăperile.

În sfârșit, în exploatarea agricole, electrocăldura își are aplicații la lăptărit, instalații de răcire, sterilizare, pentru preparat conserve, etc.

Cunoaștem care sunt fenomenele chimice pe care le produce curentul electric.

Cele mai importante aplicații industriale sunt la obținerea metalelor din minereuri precum și la rafinarea unor metale, în special cuprul.

Toate aceste aplicații cer în general, cantități mari de electricitate ; dezvoltarea lor în R.P.R. se va putea face treptat odată cu construirea marilor centrale termoelectrice și hidroelectrice prevăzute în planul de cinci ani.

## Luminatul electric

184. **Din istoricul luminatului electric.** Luminatul electric a fost una dintre primele aplicații ale curentului electric la dezvoltarea căreia au contribuit mulți tehnicieni ruși : B. S. Iacobi,

V. N. Cikolev, P. N. Iabločikov, A. S. Popov, L. N. Lodăghin. Petrov a dovedit primul posibilitatea întrebuințării electricității la luminat.

Lucrărilor acestor tehnicieni, le datorăm luminatul electric.

Experiențele lui Iacobi, făcute în anul 1848 la Petersburg (actualul Leningrad), au avut un succes deplin. Mai târziu, Cikolev a inventat lampa cu arc. Lucrările lui Cikolev au fost continuate de Iabločikov inventatorul lumânării electrice, cunoscută în istoria electrotehnicii sub numele de lumânarea lui Iabločikov. Parisul a fost mai întâiu luminat cu asemenea lămpi.

În ce privește pe Lodăghin, el a avut prima idee și a construit primul bec cu incandescență.

Din timpurile cele mai vechi omul a luptat împotriva întunericului nopții, încercând să producă lumină prin diferite mijloace. Dar în decursul secolelor n'a avut la dispoziție decât mijloace reduse și costisitoare de luminat.

Electricitatea a produs o revoluție foarte mare căci luminatul electric are foarte multe avantaje față de celelalte feluri de luminat artificial.

Un bun luminat nu numai că produce plăcere, dar contribuie foarte mult la îmbunătățirea condițiilor de muncă și de viață.

În fabrici și ateliere contribuie la sporirea producției, întrucât acolo unde se poate vedea mai bine, se lucrează și mai repede și mai bine, iar accidentele de muncă se reduc.

În școli, luminatul rațional ușurează și îndeamnă la muncă pe elevi.

În ce privește luminatul străzilor, un bun luminat contribuie la mărirea vitezei de circulație, deci accidentele se răresc, dă o înfățișare mai plăcută localității în timpul nopții, scoate în evidență monumentele, piețele și clădirile importante.

Oricare ar fi calitățile luminii artificiale ea rămâne totuși departe față de lumina zilei.

Orice izvor de lumină dă un flux de lumină  $\Phi$ , care se măsoară în *lumeni*, notat prescurtat lm.

Fluxul luminos care cade pe o suprafață de 1 m<sup>2</sup>, se numește *iluminare* și se măsoară în *lucești*, notat prescurtat lx.

$$\text{Decl } E \quad \begin{matrix} \Phi \\ S \end{matrix}$$

Intensitatea de iluminare naturală variază foarte mult. Astfel, la amiază, într-o zi de vară cu soare,  $E$  este aproximativ 100 000 lx; în zilele noroase se coboară la câteva mii de lx, pe înserat este de 1—100 lx, iar noaptea cu lună de 0,2 lx.

Gradul de iluminare al unei suprafețe depinde de distanța la care se găsește de lampă.

Cu cât distanța este mai mare, cu atât și iluminarea este mai mică și anume, scade proporțional cu pătratul distanței.

Dacă se înseamnă cu  $I$  intensitatea izvorului de lumină (a lămpii) și cu  $d$  distanța până la suprafața luminată, atunci într-o direcție oarecare

$$E = \frac{I}{d^2}$$

(gradul de iluminare a suprafeței perpendiculare pe aceea direcție în punctul considerat).

**185. Condițiile unui bun luminat.** Pentru ca un luminat să fie bun, trebuie să îndeplinească mai multe condiții :

*Luminarea trebuie să fie destul de puternică.*

Într-o încăpere unde se lucrează trebuie să fie un *luminat general* printr'un număr de lămpi potrivit așezate, iar în *locurile de muncă* (aco'o unde se scrie, se citește, sau se lucrează la o masă, etc.) trebuie asigurat un *surplus de lumină*.

Din experiență și cercetare s'a stabilit gradul de iluminare necesar pentru diferite locuri.

*Vederea nu trebuie să fie supărată printr'o lumină prea strălucitoare*, care să pătrundă direct în ochi sau să pătrundă prin reflexii. De aceea becurile trebuie să aibă întotdeauna o apărătoare, eventual un glob.

*Lumina trebuie să fie repartizată cât mai uniform.* Variațiile de iluminare dela un loc la altul obosesc ochiul.

Trebuie apoi evitate *umbrele puternice*.

În sfârșit, mai are importanță și *culoarea luminii*. Suntem obișnuiți cu lumina albă a zilei și diferitele sisteme de luminat caută să asigure o lumină cât mai apropiată de aceasta.

Fig. 273—277 arată regulile de mai sus în imagini.

**186. Realizarea unui bun luminat.** Pentru a obține un bun luminat, acesta trebuie studiat din mai multe puncte de vedere:

a) *Sistemul de luminat* : — direct, în care razele de lumină cad direct pe obiectele pe care le luminează ;

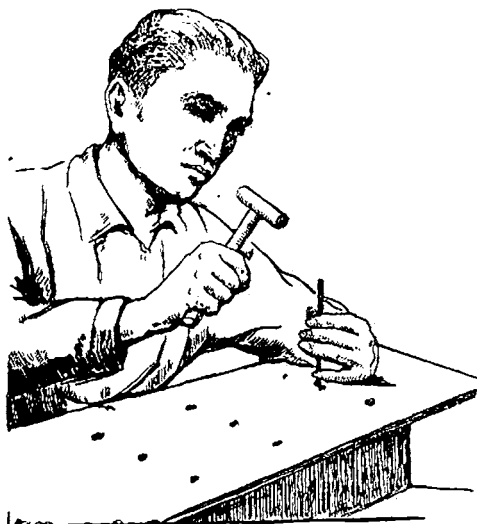


Fig. 273. — Buna luminare sporește productivitatea muncii



Fig. 274. — Contrastele de lumină și umbră supără ochiul



Fig. 275. — Strălucirea directă împiedecă vederea



Fig. 276. — Strălucirea indirectă este vătămătoare

- indirect, în care razele de lumină sunt îndreptate spre tavan de unde sunt reflectate și împrăștiate în toată încăperea ;
- semi-direct, când o mare parte din lumină vine direct, iar o mică parte este îndreptată spre tavan de unde se reflectă ;
- semi-indirect, când dimpotrivă cea mai mare parte din lumină este îndreptată spre tavan ;



Fig. 277 — Umbrele tari, îngreunează munca

— difuz, când lumina este egal repartizată în toate direcțiile.

Fiecare din aceste feluri de luminat are întrebuințările sale. Primul se folosește în fabrici și ateliere ; are desavantajul că dă umbre.

Luminatul indirect se întrebuințează în locuințe și birouri, teatre, cinematografe, etc. Dă o lumină uniformă și fără umbre, dar este mai scump decât celălalt.

Luminatul semi-direct sau semi-indirect se face mai ales în birouri.



b) *Alegerea felului lămpilor.* Lămpile, sau mai bine zis corpurile de lampă, au scopul să poarte becul, să împrăştie lumina în mod uniform şi să împiedece ca ochiul să privească direct becul, care este supărător prin strălucirea lui.

Dacă luminatul s'ar face cu becurile goale, nu s'ar putea obţine condiţiile indicate la început : uniformitate, evitarea strălucirii, etc.

De aceea becurile se instalează în lămpi. Prin reflexie şi prin străbaterea de suprafeţe de sticlă se obţin condiţii pentru o bună împrăştiere a luminii.

Corpurile de lampă sunt diferite, după locul unde sunt folosite : în încăperi închise, în spaţii deschise (străzi, pleţe, curţi), în vehicule, sau în alte locuri.

Ele pot fi aşezate : pe tavan, pe pereţi (aplice), sau să se sprijine pe pardoseală (lampadar). În fig. 278 sunt arătate tipurile mai des întrebuintate.

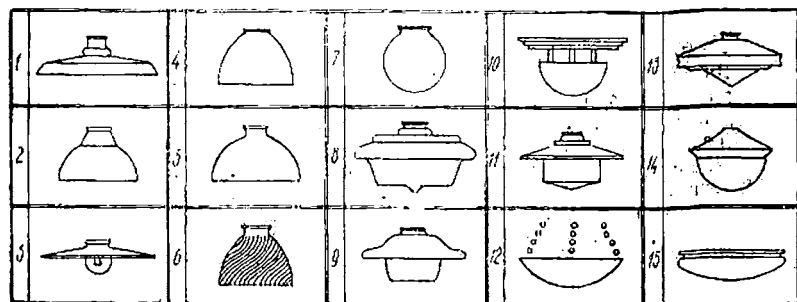


Fig. 278. — Lămpi

Iată explicațiile acestor feluri de lămpi .

— Lămpi pentru luminat direct cu reflector din tablă smălțuită. 1. Reflecteur special ; 2. Reflecteur adânc ; 3. Reflecteur plat.

— Lămpi pentru luminat direct cu reflectoare de sticlă deschise jos. 4. Sticlă ușor opalizată ; 5. Sticlă foarte opalizată ; 6. Sticlă argintată.

— Lămpi pentru luminat direct cu reflectoarele închise și semi-inchise: 7. Glob difuzant cu sticlă ușor opalizată ; 8. Glob difuzant special ; 9. Glob difuzant și cu reflector metallic ; 10. Glob pe jumătate închis, cu reflector metallic ; 11. Glob special.

— Lămpi pentru luminat semi-indirect și indirect: 12. Cupă ușor opalizată; 13. Cupă foarte opalizată; 14. Cupă de sticlă argintată pentru luminat indirect; 15. Cupă de tablă emailată pentru luminat indirect.

Indreptarea în direcția dorită a razelor de lumină se obține prin reflectoare, globuri, etc.

Sticla opacă (lăptoasă) difuzează, cea mai bine, lumina.

c) *Modul de repartizare al lămpilor.* Lumina dată de o lampă este aproape uniformă numai pe o anumită zonă în jurul ei. Înafara acestei zone luminatul este slab.

De aceea lămpile trebuie repartizate și așezate la înălțime potrivită.

Astfel, pentru luminatul direct, se recomandă ca distanța între lămpi să fie mai mică decât 1,5 ori înălțimea lămpii deasupra locului ce trebuie luminat.

d) *Gradul de luminare* (iluminarea). Gradul de luminare se măsoară în *lucși* cu ajutorul unui aparat numit *luxmetru*.

Se recomandă următoarele cifre :

Bibliotecă . . . . .	80	Fabrici de produse chimice . . . . .	30—60
Săli de clasă în școli . . . . .	80	Fabrici de ciment . . . . .	30—100
Ateliere de școli . . . . .	100	Laboratoare de control și verificare . . . . .	60—150
Birouri . . . . .	60	Ateliere de forje și sudură . . . . .	60—100
Magazine . . . . .	60—80	Filaturi . . . . .	40—100
Otelării . . . . .	20—60	Ateliere mecanice . . . . .	60—120
Cazangerii . . . . .	80—100		
Ateliere de constr. electrice . . . . .	60—100		

Turnătorii	}	Hala formării miezurilor de marl dimensiuni . . . . .	60
		Hala de turnat . . . . .	60
Sticlării		Hala formării miezurilor de mici dimensiuni . . . . .	100
			50—80—100

e) *Alegerea mărimei becurilor.* Pentru a da gradul de luminare mai sus arătat, trebuie instalat un număr suficient de lămpi, după fluxul pe care-l dau.

Cunoscând gradul de luminare  $E$  și suprafața  $S$  ce trebuie luminată se obține fluxul luminos  $I$  pe care trebuie să-l dea lămpile. Astfel :

$$I = \frac{ES}{\eta}$$

$\eta$  este randamentul luminării, pe care trebuie să-l introducem

din cauză că nu tot fluxul luminos ne dă efect util, o parte este primit de pereți și tavan.

#### Exemplu de calcul:

Un birou are lungimea de 6 m, lățimea de 5 m, iar înălțimea de 3,2 m; tavanul alb, iar pereții ușor cenușii.

Se cere numărul și puterea lămpilor, știind că tensiunea de alimentare este de 220 V.

Pentru birou este indicat a se realiza un grad de luminare de cel puțin 100 lx. Se alege luminatul semi-indirect.

Luminatul de mai sus este necesar să fie obținut la înălțimea birourilor și meselor de lucru, deci, la aproximativ un metru de la dușumea. Lampa va fi deci la  $3,2 - 1 = 2,2$  m deasupra suprafeții de luminat.

Lățimea biroului față de această înălțime este  $\frac{5}{2,2} = 2,6$ .

La acest raport și după culoarea pereților, randamentul este 0,35. Deci, lămpile vor trebui să dea un flux:

$$\Phi = \frac{ES}{\eta} = \frac{100 \cdot 6 \cdot 5}{0,35} = \frac{3000}{0,35} = 8500 \text{ lm.}$$

instalând 4 lămpi, fiecare va trebui să producă:

$$\frac{8500}{4} = 2125 \text{ lm. Vor fi necesare lămpi de 150 W care dau fiecare câte } 2620 \text{ lm.}$$

Fluxul dat de diferite lămpi se găsește în tabele.

**187. Luminat special.** *Luminatul vitrinelor* are un caracter special. El trebuie să fie astfel ca să pună în evidență obiectele expuse, dar nu trebuie să orbească pe privitor.

De aceea, lămpile trebuie instalate lângă fereastră, în așa fel ca să nu fie văzute și îndreptate astfel ca să arunce lumina spre interior, de unde, prin reflexie, este primită de privitor.

*Luminatul străzilor* trebuie să fie făcut în astfel de condiții, încât să asigure circulația în bune condiții.

Înălțimea lămpilor, distanța între ele și felul lor, trebuie stabilite după felul străzii. Un bulevard se luminează altfel decât o stradă cu arbori pe margine și așa mai departe.

*Luminat cu efecte artistice.* La alegerea luminatului trebuie avut în vedere și efectele artistice ce se pot obține.

Prin luminat potrivit, se poate schimba foarte mult înfățișarea interioară a unei încăperi și mai ales a fațadelor marilor clădiri.

*Luminatul prin luminiscență.* Am arătat că lumina se poate

produce nu numai prin ridicarea temperaturii unui fir metalic străbătut de curent ci și printr-o descărcare electrică. Acesta este principiul lămpilor prin luminiscență.

Aceste lămpi tind să se răspândească foarte mult.

#### **Intrebări recapitulative**

1. Ce consecințe are un bun luminat ?
2. Care sunt condițiile pentru un bun luminat ?
3. Cum se obține un bun luminat ?
4. Prin ce mijloace se produce lumina ?

## XIX. INSTALAȚII DE CURENȚI SLABI (De intensitate mică)

În toate aplicațiile electrice pe care le-am descris până acum sunt folosiți curenți de intensități mai mari sau mai mici.

Sunt însă și aplicații la care intensitățile curenților sunt foarte mici, acestea sunt instalații de curenți slabi.

**188. Telefonie.** Transmiterea sunetelor la mare distanță cu ajutorul curentului electric se poate face printr-o instalație telefonică a cărei schemă este arătată în fig. 279 și care cuprinde două posturi, I și II. Fiecare dintre posturile telefonice se compune din câte două circuite constituind o bobină de inducție. În

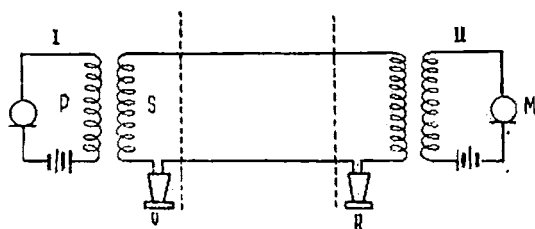


Fig. 279. — Schema unei instalații telefonice

circuitul primar *P* se găsește o baterie din două elemente galvanice și un aparat numit microfon *M*, care face transmiterea sunetelor. Circuitul secundar *S*, al unui post este legat cu circuitul secundar al celui alt post, printr-o linie din două sârme de metal. În circuitul secundar al fiecărui post se mai găsește și câte un receptor telefonic *R*.

Să cercetăm amănunțit aparatele despre care am vorbit mai sus și să vedem cum își îndeplinesc ele rolul.

Microfonul se compune dintr'un bloc de cărbune, care are una sau mai multe scobituri sau cavități. Aceste cavități sunt umplute în parte cu bucățele mici de cărbune sau de grafit. În fața cărbunelui este o membrană (placă) circulară de cărbune care este prinsă pe margini într'un cerc de metal.

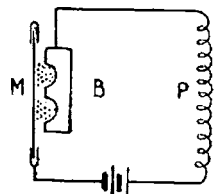


Fig. 280. — Microfon

După cum se vede în fig. 280 drumul curentului electric se stabilește prin placă, bucățelele (granule) de cărbune sau grafit și blocul de cărbune. Punctele de contact dintre membrană și granule precum și acelea dintre granule și blocul de cărbune au o rezistență electrică mare, de aceea se numesc *contacte imperfecte*. Consecința este un curent mic în circuitul primar în care se află microfonul. Dacă însă apăsăm pe placă și pe granule se realizează un contact mai bun, rezistența descrește, iar curentul crește. Bine înțeles dacă apăsarea încetează se revine la situația dela început adică rezistența crește și curentul scade.

În rezumat, prin urmare, prin asemenea apăsări succesive asupra membranei obținem un curent variabil în bobina primară; dar fiind un curent variabil vom avea un fenomen de inducție mutuală și deci în circuitul secundar se va produce un curent de aceeași formă cu cel din circuitul primar. Ca și în cazul unui transformator, curentul din primar diferă de cel din secundar prin tensiune și intensitate. În cazul de față tensiunea este mică și curentul mai mare în primar; în secundar vom avea tensiune mai mare și curent mai mic.

Ce influență are vocea asupra microfonului? Pentru aceasta trebuie să amintim mai întâi prin ce mijloc se transmit sunetele. Știm că, de exemplu, sunetul unei coarde de vioară este produs atunci când pricinuim o tremurare a coardei.

Această tremurare sau vibrație, mișcă aerul înconjurător producând un fel de valuri care se aseamănă cu valurile dintr'un lac în care am aruncat o piatră. Valurile acestea de sunete, sau cum se mai numesc *unde sonore*, nu sunt decât un șir de straturi de aer alternând, unul îndesat și altul rărit. Și vocea omenească produce asemenea unde sonore care în drumul lor întâlnesc timpanul urechii; acesta nu este decât o membrană subțire întinsă care vibrează și ea atunci când este

atinsă de undele sonore. Cu cât sunetele sunt mai ascutite cu atâta vibrațiile sunt mai repezi. Vocea noastră produce sunete care corespund la două sute până la o mie două sute vibrații pe secundă. Acum ne vom explica lesne funcționarea microfonului. Undele sonore lovind membrana produc vibrația ei, și anume unda îndesată o apasă, iar cea rărită o lasă să se îndepărteze de granule și de blocul de cărbune. Dar, după cum am văzut, această mișcare produce un curent variabil în circuitul primar sau putem să spunem că în circuitul primar iau naștere unde de curent electric; prin inducție ele se transmit circuitului secundar și ajung până-la postul al doilea.

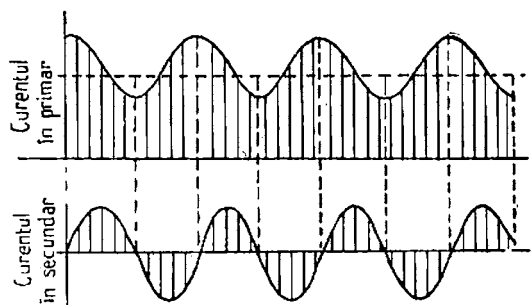


Fig. 281. — Curentul variabil din circuitul primar și curentul alternativ din circuitul secundar

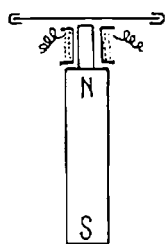


Fig. 282. — Receptor telefonic

Să examinăm cum transformă receptorul telefonic undele electrice din circuitul secundar din nou în unde sonore, care pot să influențeze timpanul urechii și deci să auzim sunetele transmise dela distanță.

Receptorul se compune dintr'un magnet permanent terminat printr'o prelungire; în jurul acestei prelungiri se găsește o bobină ale cărei capete sunt legate în circuitul secundar, deci bobina este străbătută de curentul alternativ al circuitului secundar. În fața bobinei este o membrană circulară de fier moale strânsă cu ajutorul capacului receptorului. Când trece curentul prin bobină el va produce o întărire sau o reducere a forței de atracție a magnetului după sensul pe care-l are curentul (pozitiv sau negativ).

Când forța de atracție se mărește, membrana se apropie de magnet, când forța slăbește, membrana se îndepărtează.

Astfel membrana receptorului va vibra și va produce vibrarea aerului din apropiere, ceea ce dă naștere unui sunet și anume aceluiași sunet care a fost produs în fața microfonului.

Magnetul permanent poate fi în formă de potcoavă și în acest caz în fața membranei vor fi amândoi poli; acesta este un *receptor bipolar*.

Microfonul și receptorul pot să fie montați în aceeași piesă, așa cum vedem la telefoanele din oraș. Aparatul astfel combinat se numește *microtelefon*.

Dar pentru ca un post telefonic să poată vorbi cu celălalt trebuie să-l anunțe.

În acest scop servesc inductorul, soneria și anunțatorul de apel.

Cunoaștem ce este inductorul: un generator de curent alternativ al cărui inductor este format dintr'un magnet permanent. Învârtind maneta se obține un curent cu frecvența de aproximativ 20 perioade pe secundă.

Curentul produs de inductor provoacă funcționarea unei sonerii sau funcționarea anunțatorului de apel la postul chemat.

În sfârșit un aparat telefonic mai are un *contact comutator*. În mod obișnuit într'un post telefonic numai aparatele care primesc apelul sunt în legătură cu linia, iar aparatele de convorbire sunt scoase din circuit. În timpul convorbirii lucrurile sunt inversate. Aceste schimbări se obțin cu ajutorul contactului de comutare.

După ce am învățat despre toate aceste aparate, să examinăm cum sunt ele instalate.

Fig. 283 arată modul de montaj în unul din posturi. În celălalt va fi același montaj.

Dacă postul cu care e legat face un apel cu ajutorul inductorului, un curent va veni prin *a, c, d, s* (sonerie), prin inductor și apoi prin *b* la cealaltă linie. Soneria va suna. Răspundem la apel învârtind manivela inductorului. Un curent va pleca prin linie la celălalt post. După aceasta, la ambele posturi persoanele aflate acolo vor ridica receptorul de pe cârligul *cd*. În acest moment, cârligul tras de un arc se lasă în jos. După cum se vede, contactul *d* se îndepărtează de cârlig și deci



soneria a fost scoasă din circuitul liniei. În același timp însă, s'a închis circuitul primar care cuprinde microfonul și bateria. Vorbind în fața microfonului, se induce în înfășurarea secundară a bobinei un curent care va pleca pe linie și va trece prin receptorul celui alt post. Curenții electrici, datorți vorbirii în fața microfonului celui alt post, vin prin linie, prin *ac*, trec prin receptor și apoi prin *b* se face legătura la a doua linie.

Când convorbirea s'a terminat, se acată receptorul de cârligul *cd*, soneria este din nou pusă în circuit, iar microfonul și cu bateria sunt scoase afară.

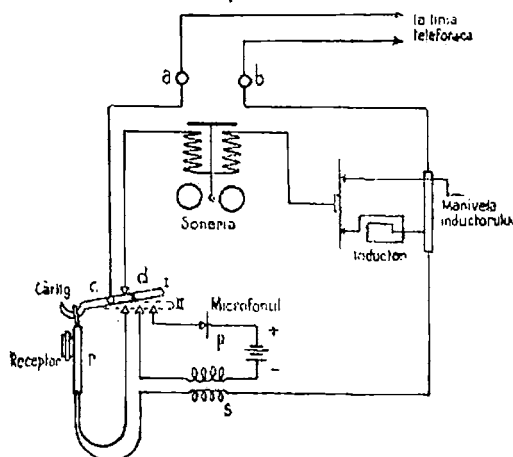


Fig. 283. — Instalația unui post telefonic

Toate instalațiile telefonice de felul celor de mai sus, se numesc *cu baterie locală*, fiindcă microfonul este alimentat de o baterie care se află chiar la postul telefonic. Dacă avem o instalație telefonică cu multe posturi, este mai bine ca microfonul să fie alimentat de o baterie așezată la centrala telefonică. Aceste instalații se numesc *cu baterie centrală*. În cazul instalațiilor cu baterie centrală, posturile nu mai au nevoie de inductor, căci apelul se face în alt mod.

**Centrale telefonice.** Dacă sunt mai multe posturi este nevoie de o centrală telefonică pentru ca un post să poată vorbi cu oricare altul.

Într-o centrală vin câte două fire dela fiecare post telefonic: Firele care vin dela un post telefonic se leagă cu firele care vin dela postul telefonic cu care voim să vorbim. Legarea aceasta se face fie cu mâna (centrală manuală) de către un operator sau operatoare (telefonistă) sau se face în mod automat (centrală automată).

Circulația curenților între posturile telefonice și centrala telefonică se face prin sârme de instalații interioare, prin linii aeriene și prin cabluri subterane. Sârma pentru instalațiile interioare este izolată printr-o îmbrăcămintă de cauciuc peste care este o împletitură de fire. Cele două sârme ale unei conducte sunt răsucite.

Pentru liniile aeriene se folosește sârmă din cupru tare, din bronz cu siliciu sau sârmă de oțel zincată. Conductele se prind de izolatoare de porțelan sau de sticlă; izolatoarele se fixează în traverse susținute de stâlpi de lemn.

În loc de fire aeriene libere se folosesc uneori cabluri aeriene care sunt îmbrăcate într-o cămașă de plumb pentru protecție împotriva umezelii. Acestea nu sunt atârinate direct de stâlpi ci sunt prinse cu cârlige de un cablu purtător de oțel întins între stâlpi.

Cablurile subterane sunt formate din fire de cupru cu diametrul de 0,8 mm, cositorite și izolate cu hârtie, sau cu hârtie și bumbac. Firele se împletesc perechi, fiecare mănunchiu se izolează apoi din nou cu hârtie. Tot cablul este protejat printr-o îmbrăcămintă de plumb, peste care este un strat de iută impregnată. Cablurile se așază în pământ de obicei în cutii de protecție

**189. Telegraful cu fir.** Am arătat din ce se compune o instalație telegrafică. Reamintim că în orice instalație telegrafică avem un circuit compus dintr-o sursă de curent, un transmițător, un receptor și linia de legătură dintre aceste aparate. Cu ajutorul transmițătorului se închide și se deschide circuitul și putem avea astfel curenți de mai lungă durată sau de mai scurtă durată; curenții de mai lungă durată sunt înregistrați de către receptor sub formă de linii, iar cei de scurtă durată sub formă de puncte. Cu ajutorul liniilor și punctelor s'a întocmit alfabetul Morse.

Pentru instalațiile mici de telegrafie se întrebuintează ca sursă de curent elementele galvanice, iar pentru instalațiile mai mari se întrebuintează acumulatori sau chiar mașini generatoare de curent electric; trebuie socotit că sunt necesari aproximativ 50 V pentru fiecare 100 km de linie.

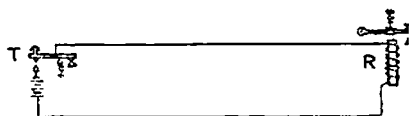


Fig. 284. — Schema de principiu a unei instalații telegrafice

Instalațiile telegrafice trebuie să fie protejate de descărcările atmosferice care se produc în timpul furtunilor; prin asemenea descărcări tensiunea dintre fir și pământ poate ajunge și întrece chiar zece mii de volți. Curentul datorită acestei tensiuni provoacă accidente de persoane și vătămarea aparatelor. Ca mijloc de protecție se întrebuintează *parafulgere*.

Dacă distanțele de transmitere telegrafică sunt mari, trecând de circa opt sute de km, este necesar ca din loc în loc să se întrerupă linia și să se instaleze acolo câte un aparat pentru retransmiterea automată a semnalelor. Acest aparat se numește *releu de transtație*.

**190. Instalații de semnalizare.** Aparatele care funcționează tot datorită acțiunii unor curenți de mică intensitate se folosesc în instalații de alarmă împotriva hoților, instalații de zăvorirea ușilor, instalații avertizoare de incendii, etc. O asemenea instalație cuprinde aparate avertizoare așezate pe străzi; spărgând un geam al aparatului se poate anunța la o centrală incendiul care s'a produs; se construiesc și avertizoare automate.

### Intrebări recapitulative

1. Descrieți schema unei instalații telefonice.
2. Ce rol are și cum funcționează microfonul?
3. Dar receptorul?
4. Ce aparate mai cuprinde un post telefonic?
5. Cum lucrează o centrală telefonică?
6. Descrieți o instalație de telegrafie.

## XX. ELECTRONICA

Electronica se ocupă cu fenomenele de trecere a curenților prin vid și prin gaze.

Când ne-am ocupat de descărcările în gaze rarefiate am constatat că prin spațiul închis, în care se produceau descărcările, treceau particule încărcate cu electricitate.

Principala parte este *electronul*.

Electronica studiază mijloacele prin care se poate produce, modifica și stăpâni mișcarea electronilor, precum și folosirea curenților electrici care se nasc din această mișcare a electronilor.

Să vedem cum putem ajunge la aceste rezultate.

191. *Electricitatea și materia.* În lecțiile de până acum am luat cunoștință de multe fenomene electrice cărora le-am stabilit legile și apoi am cercetat aplicațiile folositoare.

Nu am căutat însă să stabilim și modul de producere al lor, de exemplu cum se produce încălzirea firului prin trecerea unui curent electric, etc.

Sunt însă fenomene pe care nu le putem explica decât cunoscând câteva lucruri despre *constituția materiei și natura electricității*.

Din fizică și chimie știm că toate corpurile sunt compuse din particule foarte mici, moleculele, care la rândul lor sunt formate din atomii corpurilor simple.

La lecțiile de electricitate am avut însă prilejul de a constata că materia se poate desocia (desface) în particule, cu încărcări electrice pozitive sau negative.

Aceste constatări le-am făcut la trecerea curenților electrici prin electroliți (electroliză) și prin gaze rarefiate.

Ce am constatat la electroliză? Că un electrolit se descompune și că pe catod se depune metalul, iar la anod apare restul din electrolit, fie direct, fie combinat. Astfel, făcând electroliza sării de bucătărie, NaCl, sodiul se duce la catod, iar clorul la anod; făcând electroliza sulfatului de cupru  $\text{SO}_4\text{Cu}$ , cuprul se depune la catod, iar grupul  $\text{SO}_4$  apare la anod, etc. Anodul este legat la polul pozitiv al sursei de curent, iar catodul la cel negativ. Știm că anodul se încarcă cu o sarcină electrică pozitivă, iar catodul cu o sarcină electrică negativă.

Fenomenul electrolizei se explică în modul următor: Moleculele electrolitului sunt desfăcute în soluție în particule încărcate cu electricitate pozitivă și particule încărcate cu electricitate negativă, pe care le numim *ioni*.

Particulele de metal sunt încărcate pozitiv : acestea le numim *cationi*, deoarece sunt atrase de catod, iar restul sunt *anioni*, fiindcă sunt atrase de anod.

Să ne amintim de fenomenele din electrostatică și vom înțelege imediat aceste atracții : știm de acolo că o sarcină electrică pozitivă (de exemplu anodul) atrage o sarcină electrică negativă (de exemplu anionul).

Prin urmare o soluție de clorură de sodiu este formată din ioni încărcăți cu electricitate; la fel cu sulfatul de cupru, etc.

În mod obișnuit constatăm că materia nu este încărcată cu electricitate; aceasta dovedește că sarcinile pozitive și negative ale atomilor sunt egale și deci se neutralizează.

De îndată ce se aplică o tensiune electrozilor, particulele încărcate electric se separă unele de altele și se pun în mișcare în direcțiile pe care le-am constatat.

Ajunzând la electrozi, ionii se descarcă de electricitate și particulele materiale depuse sunt din nou neutre.

Să trecem acum la celălalt fenomen : descărcările în gaze ; și aici constatăm producere de ioni.

Dar în gaze foarte rarefiate am constatat și existența unor mici particule de electricitate negativă pe care le-am numit *electroni* și care se caracterizează prin aceea că au totdeauna aceeași sarcină, spre deosebire de ioni a căror sarcină electrică variază dintr'un cap la altul.

Electronii, vom vedea mai departe, pot fi obținuți în diferite fenomene și cu alte corpuri, dar totdeauna sunt aceiași.

Aceasta arată că : *materia este constituită din electroni*. Dar ei au o sarcină negativă pe când materia, în mod obișnuit, este neutră. Deci, alături de partea negativă mai trebuie să fie și o parte pozitivă.

Explicația a fost dată astfel : orice atom este constituit dintr'un sămbure central încărcat pozitiv, în jurul căruia se învârtesc un număr de electroni.

Lucrurile sunt asemănătoare cu sistemul planetar : la mijloc soarele, în jurul căruia se învârtesc planetele.

Aceiași motive pentru care planetele nu cad pe soare fac ca, aici, electronii să nu cadă pe sămbure, și anume : forțele care se exercită între sarcinile electrice și pe care le-am învățat în electrostatică. În cazul planetelor erau forțele de gravitație.

Dar pe când corpurile cerești sunt enorme, particulele de materie sunt foarte mici.

Electronul este abia a 1860-a parte din atomul de hidrogen. În ce privește sămburele pozitiv el este egal aproape cu atomul din corpul respectiv.

Cel mai ușor atom este cel de hidrogen (1) iar cel mai greu este cel de uraniu (238).

Numărul electronilor care se învârtesc în jurul unui sămbure depinde de felul corpului; astfel, pentru hidrogen este 1, iar pentru uraniu este 92. Deci, altă deosebire față de sistemul solar, care are un număr mult mai mic de sateliți : 9 planete mari. În sfârșit, mai notăm că diametrul orbitei electronilor este de 100 000 ori diametrul sămburelui, pe când în sistemul planetar, diametrul orbitelor, față de diametrul soarelui este mult mai mic.

Deoarece materia este neutră, sarcina electrică pozitivă a sâmburelui trebuie să echilibreze sarcinile negative ale electronilor.

Deci, sâmburele de uraniu are 92 sarcini pozitive pentru a echilibra sarcinile negative ale celor 92 electroni.

Am constatat că razele catodice sunt formate din electroni, deci aceste particule negative se pot desface din atomi în anumite împrejurări. Atomul care a pierdut o sarcină negativă, adică un electron, va avea un plus de electricitate pozitivă, acesta este un *ion*.

Dacă recăștigă din nou electronul pierdut, devine din nou neutru. Uneori, mai poate câștiga electroni în plus, de la alte corpuri. Atunci, sarcina negativă va fi mai mare. Va fi un *ion negativ*.

Concluziile de mai sus sunt următoarele: Un corp material este format din atomi neutri; el este încărcat pozitiv dacă pierde electroni; este încărcat negativ, în caz că va capta alți electroni. Numărul de electroni dintr-un atom este egal cu numărul de ordine al elementului din tabloul periodic stabilit de marele savant rus Mendelejeff.

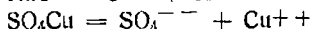
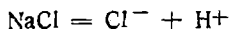
Acesta se numește *numărul atomic* al corpului respectiv.

Toate corpurile electrizate dătoresc această stare unui plus sau unei lipsă de electroni.

192. Explicarea electrolizei. Să revenim iarăși la electroliză, acum când știm ce sunt ioni.

În cazul electrolizei de clorură de sodiu, ionul de sodiu provine din atomul de sodiu căruiua îi lipsește un electron, trecut asupra clorului, formând ionul negativ.

În cazul electrolizei sulfatului de cupru  $\text{SO}_4\text{Cu}$ , ionul de cupru provine din atomul de cupru, căruiua îi lipsesc doi electroni trecuți asupra grupului  $\text{SO}_4$ , formând ionul negativ. Puteți scrie cele de mai sus astfel:



Adică am indicat ionii prin simbolul corpului și am notat câte și ce fel de sarcini electrice au.

În electrolizi, electronii nu sunt niciodată liberi, ei sunt întotdeauna uniți cu un atom sau un grup de felul  $\text{SO}_4$ , constituind astfel ionii.

Voi vedea mai departe că, în metale, pot fi electroni liberi.

Dacă aplicăm între electrozi o tensiune, înseamnă că avem un câmp electric în electrolit și fiecare sarcină  $q$  este supusă unei forțe proporționale cu ea și cu intensitatea câmpului:

$$f = qE.$$

Datorită acestei forțe, ionii se mișcă în sensul pe care îl știm. Cationii încărcati pozitiv (adică acei care au o lipsă de electroni) ajungând la catod, primesc electroni și se transformă în corp neutru care se depune.

Anionii, încărcati negativ (adică cu un plus de electroni), ajungând la anod, pierd electroni și se transformă de asemenea în corpuri neutre.

Deci anodul primește electroni, iar catodul cedează electroni; dar aceasta este totuși circulația de curent prin circuit de la anod prin pila spre catod, așa cum se arată în fig. 285.

Din cele de mai sus mai reținem un lucru: sarcinile electrice

variază de la un ion la altul prin trepte, și anume prin una, două sau mai multe sarcini elementare ale electronului. Deci nu vom găsi niciodată un ion încărcat 1,5 sau 1,75 electroni.

193. **Ionizarea gazelor și vaporilor.** Să examinăm și fenomenele de trecere a curenților prin gaze (pe care le-am descris într'un capitol precedent). Electronii mișcându-se într'un gaz sau vapor, ciocnesc moleculele acestora pe care le pot rupe și în acest caz vor putea pierde electroni. Atomii sau moleculele care au pierdut electroni vor avea o sarcină pozitivă, deci au devenit ioni pozitivi.

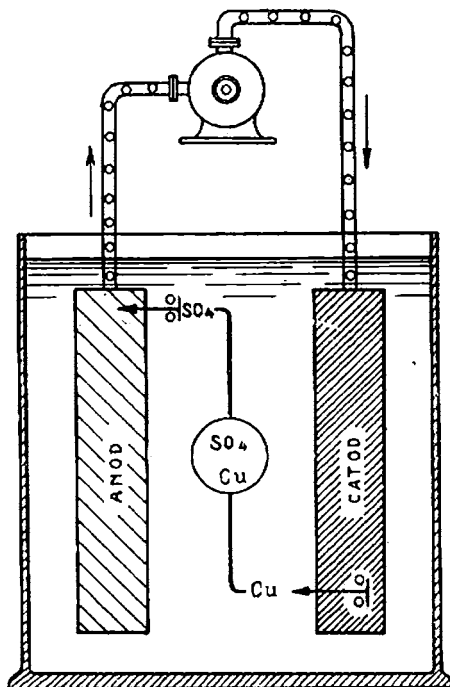


Fig. 285. — Schema mișcării electronilor în electroliză

Într'un gaz ionizat se produc două mișcări de sarcini electrice: o mișcare a electronilor, încărcăți negativ, spre electrodul pozitiv și alta a ionilor pozitivi către electrodul negativ. Curentul datorit ionilor este mult mai mic.

Iată deci și explicația razelor catodice precum și a razelor pozitive.

194. **Mișcarea electronilor în corpuri solide.** Metalele și toți conducătorii solizi au electroni liberi cu care sunt legați cu atomii. Ei sunt în mișcare repede.

Dacă se aplică o forță electromotoare unui conductor, acești electroni din cauza sarcinii lor negative se vor pune în mișcare spre polul pozitiv al forței electromotoare aplicate.

Această mișcare este chiar curentul electric. În această mișcare ei se ciocnesc cu moleculele și urmiarea este încălzirea conductorului (efectul Joule-Lenz).

În electroliți trecerea curentului este însoțită de o descompunere chimică, atomii de metale și hidrogen se îndreaptă spre polul negativ pe când oxigenul și radicalii circula spre polul pozitiv.

Deci, pe când în solide electronii circula *prin materii*, în electroliți electronii circula *cu materia*.

În izolanți electronii sunt strâns legați de atomi și de aceea deplasarea lor nu mai este posibilă; astfel se explică că prin izolanți nu poate trece curentul electric.

195. Portretul electronului. Dar dacă electronul are rol atât de important să-l cunoaștem mai bine.

Iată „portretul” făcut de I. Costăcov :

„Electronii sunt atât de mici, încât nu pot fi văzuți nici prin cel mai puternic microscop ; cu toate acestea savanții au izbutit să aștearnute interesante relativ la aceste particule de electricitate minuscule.

Forma efectivă a electronilor nu le este încă cunoscută savanților; în schimb ei au stabilit, până acum dimensiunile lui, masa și sarcina electrică. Dacă se admite că electronul are o formă sferică, atunci diametrul

său va fi de circa  $10\ 000\ 000\ 000\ 000$  cm. S'a convenit să se scrie această fracțiune astfel:  $3 \cdot 10^{-10}$  cm, ca să poată fi citită și mai ales înțeleasă cu mai multă ușurință.

Iată deci, care este „diametrul” electronului.

Dimensiunile unui *proton* (adică sâmburele) sunt cam aceleași : volumul unui atom este însă cu mult superior celui al electronului și al protonului.

Dacă am putea mări atomul de hidrogen până la dimensiunile unui teren de foot-ball, nucleul său s'ar prezenta sub forma unei bile de mărimea unui bob de mazăre așezat în mijlocul terenului, iar pe pista de pe margini s'ar roti alt bob de mazăre, electronul.

Între nucleu și electroni există un spațiu gol, dar niciun electron sau proton nu poate să pătrundă în acest gol.

Masa electronului este de  $9 \cdot 10^{-31}$  grame. Din exemplul de mai jos ne putem da seama de proporțiile ei minuscule; ca să putem obține un gram de electroni, ar fi nevoie de peste  $10^{27}$  electroni. Dacă am vrea să socotim acești electroni și am pune toți oamenii din lume să-i numere, predându-le câte un milion de bucăți de electroni pe secundă ca să grăbim numărătoarea, îndeletnicirea este fără rezultat, căci le-ar trebui 17 600 ani, fără nicio clipă de răgaz.

Savanții au mai stabilit, de asemenea, mărimea sarcinii electrice a unui electron. Ea este atât de mică, încât printr'un bec electric obișnuit, de 100 lumini, așezat în circuitul cu tensiunea de 220 V trece în fiecare secundă o uriașă cantitate de electroni, cu drept cuvânt astronomică, și anume : 1 430 000 000 000 000 000 !

196. Fenomenul termionic. Există mijloace de a elibera electronii din materie ?



Electronii sunt reținuți de nucleu. Pentru ca electronul să se poată desprinde trebuie să i se dea o viteză prin care să poată scăpa de atracția la care este supus. Mijloacele le vom examina acum.

Prin ridicarea temperaturii unui metal, mărim viteza de mișcare a electronilor. Un corp încălzit se deosebește de unul rece tocmai printr-o mai mare viteză de mișcare a particulelor sale (molecule, atomi, electroni). Electronii izolați încep să se miște atât de repede la o temperatură foarte ridicată încât izbutesc să înfrunte puterea de atracție și să sboare din conductor în spațiul exterior.

Acest proces de emisie de electroni din metalul încălzit este numit *emisie termoionică*.

Substanțe emisivă termoionice sunt: tungstenul și tantalul, tungstenul + horiat, oxizi de bariu și de stronțiu combinați.

Numărul electronilor liberați pe secundă depinde de natura fizică și chimică a suprafeței emitente, dar și de temperatura ei absolută.

Intensitatea de curent obținută prin această mișcare de electroni variază între 0,020 și 110 amperi pentru fiecare  $\text{cm}^2$  al suprafeței de emisie.

Fenomenul a fost observat de multă vreme, dela construirea lămpilor incandescente al căror filament este încălzit la mare temperatură.

Mai târziu s'a construit special o lampă pentru a produce electroni lată în ce fel.

*Lampa cu doi electrozi.* Un glob, din care s'a scos aerul, și în care se găsește un fir (filament) de tungsten este încălzit de unul sau două ele-

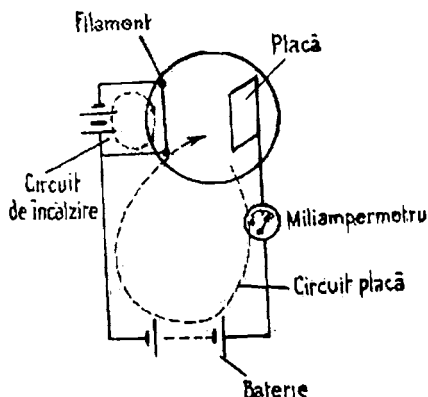


Fig. 286. — Schema lămpii cu doi electrozi

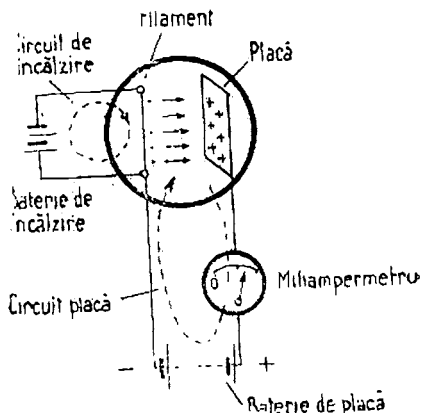


Fig. 287. — Curentul trece într-un singur sens în lampa cu doi electrozi

mente de acumuloare; se poate dovedi că firul încălzit emite electroni care însă nu se îndepărtează prea mult de acest fir. Să mai introducem în glob o placă și o legăm la borna + a unei baterii de acumuloare de 40—80 V. Bornă — o legăm tot la filament.

Se constată că electronii se *gun* în mișcare în spre placă, iar un miliampermetru ne va arăta un curent. Curentul produs se numește *curent-placă*. Fără să schimbăm tensiunea aplicată plăcii, să mărim intensitatea curentului care trece prin filament; acesta se va încălzi și mai mult. Vom constata totdeodată că intensitatea curentului-placă a crescut, putând să ajungă la câteva zecimi de miliamperi. Dacă tungstenului i s'a mai adăugat toriu sau oxid de bariu nu este nevoie să mai încălzim prea mult filamentul. Această lampă produce deci un curent electric care poate să ajungă chiar la 100 miliamperi pentru fiecare watt consumat în filament. Placa fiind bombardată de electroni se încălzește.

Dacă schimbăm legăturile plăcii, legând-o la borna negativă a bateriei, constatăm că nu mai trece curent. Prin urmare, curentul trece numai atunci când placa este pozitivă. Dacă vom înlocui bateria de acumuloare cu o forță electromotoare alternativă, înseamnă că vom avea în circuitul-placă un curent numai atunci când tensiunea este pozitivă. Ce înseamnă aceasta? Că am obținut un aparat care lasă să treacă curentul numai într-o singură direcție.

Lampa aceasta a și fost numită *ventil electric* sau *supapă electrică*, prin asemănare cu aceleași aparate folosite la gaze și lichide. Filamentul care radiază electronii se numește *catod*, iar placa care atrage electronii se numește *anod*. O asemenea lampă are deci doi electrozi. Este numită *lampa cu doi electrozi* sau *diodă* și se folosește în special pentru redresarea curentului alternativ. Ea se mai numește și *kenotron*.

Dacă menținem încălzirea constantă a filamentului și variem tensiunea plăcii, se constată că se obține un curent-placă care este proporțional cu această tensiune. Dela un timp însă, oricât am mări tensiunea, curentul nu mai crește. Spunem că s'a ajuns la *curentul de saturație* corespunzător acelei încălziri a filamentului.

Iată cum explicăm acest fenomen: în tungsten sunt electroni liberi care se mișcă desordonat datorită încălzirii.

Ați văzut un vas cu apă fierbând la foc? Ce agitație este înăuntru! Ceva asemănător se întâmplă și cu corpurile solide, numai atâtă că nu putem vedea această mișcare la care iau parte moleculele și electronii.

Unii stropi de apă sar din vas afară cu mare viteză, la fel unii electroni sar în aer; dar ei sunt repede atrași înapoi. Dacă punem în apropierea lor o placă încărcată cu electricitate pozitivă, se produce în jurul ei un câmp electric și particulele de electricitate negativă, cum sunt electronii, vor fi atrase. Amintiți-vă cele ce-am învățat în electrostatică.

Dacă tensiunea este mare, vor fi atrași mai mulți și chiar toți electronii care pot să sară afară cu doi electrozi din filament.

De aici înainte chiar dacă mărim tensiunea, curentul nu se va mări căci placa nu poate atrage mai mulți electroni decât cei care ies din filament.

În felul acesta se explică saturația.

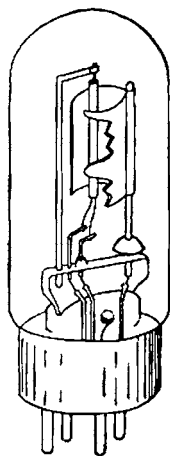


Fig. 288 a.—Lampa electroni și chiar toți electronii care pot să sară afară cu doi electrozi din filament.

*Lampa cu trei electrozi.* Să modificăm puțin lampa noastră, introducând între filament și placă un al treilea electrod sub forma unui grătar metalic. Stabilim între grătar și filament o diferență de potențial. Dacă

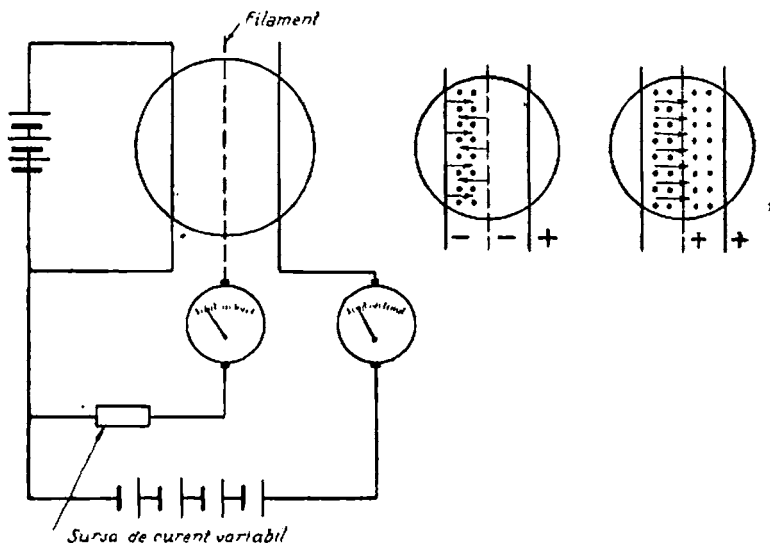


Fig. 288 b. — Funcțiunile grătarului lămpii cu trei electrozi

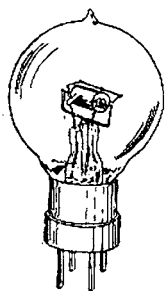


Fig. 289. — Lampa cu trei electrozi

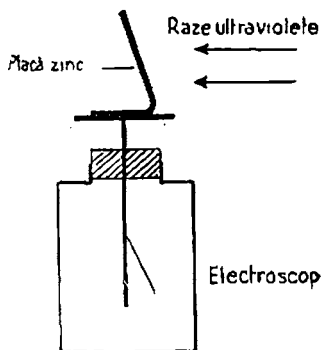


Fig. 290. — Fenomen fotoelectric

grila (grătarul) se încarcă negativ, adică dacă o legăm la polul negativ al bateriei, ea respinge electronii care vin de la filament și deci ei nu pot să

mai ajungă la placă. Dacă încărcarea este pozitivă și mărim tensiunea, grătarul lasă să treacă din ce în ce mai mulți electroni până ce, la o anumită tensiune a grătarului, curentul plăcii ajunge la saturație.

Aceasta este lampa cu trei electrozi.

Și între filament și grătar trece un curent, dar foarte mic, căci mai toți electronii își continuă drumul spre placă.

Astfel, pe când curentul filament-placă este de vreo 10 miliamperi, curentul filament-grătar este mai mic de un miliamper.

Dacă legăm circuitul grătarului la o sursă de tensiune variabilă, dar foarte mică, în circuitul plăcii vom obține un curent mult mai mare. Deci lampa cu trei electrozi poate servi ca *lampă amplificatoare*.

197. Fenomenul fotoelectric. Să facem următoarea experiență simplă. Să punem pe tija unui electroscoap o placă de zinc foarte curată și să o luminăm cu raze ultraviolete.

Electroscoapul se încarcă cu electricitate.

Razele de lumină căzând pe metal dau energie electronilor, care, în felul acesta, își măresc viteza și se pot deplasa spre electroscoap, încărcându-l. Fenomenul se numește *fotoemisiune*, iar electronii obținuți, *fotoelectroni*.

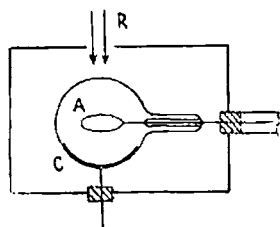


Fig. 291. — Celulă fotoelectrică

Deci când o cantitate de lumină cade pe o suprafață emisivă, energia poate fi transmisă unui electron nelegat din interiorul suprafeței.

Dacă energia aceasta dă electronului suficientă viteză către suprafață ca să învingă forța care-l ține, electronul este emis pe cale fotoelectrică.

Energia cantității de lumină crește cu frecvența; este o frecvență limită sub care electronul nu poate fi excitat de ajuns.

Pe baza acestui fenomen s'a construit *celula fotoelectrică*. Pe suprafața interioară a unui balon de sticlă se așază un strat dintr'un anumit metal, care, sub influență luminii, emite electroni. Ei sunt atrași de un anod introdus în glob și care are forma unui inel.

198. Emisiuni secundare. Dacă o suprafață cu proprietăți emisivă este bombardată cu particule electrice, de exemplu electroni, care se mișcă cu mare viteză, acea suprafață va emite electroni. Un electron sau ion care lovește în mișcarea lui repede o suprafață metalică poate stârni o împrăștiere de electroni, asemeni unei pietre care căzând în apă, împrășteie stropii. Aceasta este o *emisiune secundară*. Dacă numărul electronilor emiși este mai mare decât al celor primiți, se spune că avem un efect de înmulțire al electronilor.

La un electron bombardat pot ieși până la 15 electroni. O suprafață argintată cu oxid de cesiu, este deosebit de favorabilă pentru această emisiune.

199. Emisiune prin aplicarea unei tensiuni. Tensiunea aplicată trebuie să fie foarte mare. Emisiunea se produce la rece, dar acest fel de a produce electroni se aplică la razele X și la redresoare. Tensiunea aplicată se reduce foarte mult dacă fenomenul se produce la cald (termionic) sau este însoțit de emisiune secundară.

200. Alte fenomene electronice. Din cele arătate rezultă că sunt patru mijloace de a scoate electroni din unele corpuri solide și

anume fenomenul termionic, fenomenul fotoelectrice, prin emisia secundară și prin aplicare de mari tensiuni.

Electronii ajung astfel în libertate, în vidul globului de sticlă în care s'au produs. Se caută să se elimine cât mai complet aerul din acest glob; cu toate acestea, crearea unui vid absolut se prezintă drept un lucru imposibil, pentru că totdeauna rămâne o mică parte de aer. Vidul se consideră bun, dacă s'au eliminat din bec  $\frac{999\,999\,999}{1\,000\,000\,000}$  părți aer și deci partea rămasă este egală cu o miliardime  $\left(\frac{1}{1\,000\,000\,000}\right)$ .

Cu toate acestea, se constată că în fiecare  $\text{cm}^3$  din acest vid mai sunt 25 000 000 000 de molecule de aer, adică un număr de 12,5 ori mai mare decât totalul locuitorilor Pământului.

Dacă am face emisiunea de electroni direct în atmosferă mișcarea lor ar fi foarte mult stânjenită prin ciocnirea cu moleculele de aer.

Clonirea dintre electroni și moleculele de gaz poate produce, în anumite condiții, o excitație a moleculelor (fără ionizare), care are de urmare o emisiune de energie sub formă de radiațiuni infra-roșii, lumină vizibilă sau ultra-violetă.

Înafara electronilor s'a descoperit că în constituția materiei se mai găsesc și alte particule și anume:

<i>Numele</i>	<i>Compoziția</i>
Neutrina . . . . .	necunoscută.
Electron . . . . .	electricitate negativă.
Pozitron . . . . .	electricitate pozitivă.
Mezotron sau mezon . . . . .	necunoscută.
Proton . . . . .	electricitate pozitivă.
Neutron . . . . .	electron-proton.
Deuteron . . . . .	electron-proton.
Particule alia . . . . .	2 neutroni 2 protoni.

La fenomenele electrice de care ne ocupăm noi, aceste particule nu au parte.

Teoria electronilor pe care am dezvoltat-o ne permite să ne explicăm o serie de fenomene de cea mai mare importanță în electricitate și în primul rând, curentul în corpurile solide, în lichide, în gaze și în vid.

Eliberarea de electroni prin cele patru metode are și ea un rol deosebit, în special în radiocomunicații, de care ne vom ocupa în capitolele următoare.

## XXI. OSCILAȚIILE ELECTRICE ȘI APLICAȚIILE LOR

201. **Fenomene oscilatorii in natură.** In natură și in aplicațiile fizicii întâlnim adesea fenomene periodice. Prin ce se caracterizează ele? Un fenomen periodic se produce într'un anumit interval de timp, după care se repetă la fel ca prima dată, apoi se repetă din nou și așa mai departe.

Ziua și noaptea, anotimpurile, sunt fenomene periodice.

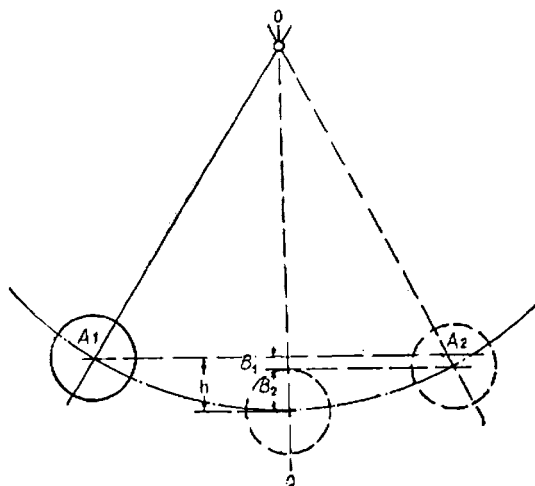


Fig. 292. — Oscilațiile unui pendul

Durata în care se produce fenomenul se numește *perioadă*. Ne vom ocupa de fenomene a căror perioadă este foarte scurtă, mai puțin de o secundă.

Numărul perioadelor într'o secundă se numește *frecvență*.

Un fenomen periodic destul de cunoscut este mișcarea unui pendul. El pleacă din poziția  $A_1$ , se coboară până în  $O$ , urcă până în  $A_2$ , se coboară din nou în  $O$ , se urcă în  $A_1$  și așa mai departe.

Putem produce un joc asemănător și cu o coloană de lichid. Să luăm două vase comunicante de sticlă legate printr'un tub prevăzut cu un robinet. Inchidem robinetul și umplem cu apă tubul din stânga. Deschidem robinetul încet: apa coboară din stânga și se urcă în dreapta, stabilindu-se același nivel  $A_1 A_2$ , după cum știm dela principiul vaselor comunicante.

Să începem din nou experiența deschizând brusc robinetul. În tubul  $II$  nivelul va atinge punctul  $a_2$  peste  $A_2$ , iar în tubul  $I$  nivelul va fi în  $m_1$  sub  $A_1$ ; imediat apoi nivelul se urcă în  $I$  până la  $a_1$  peste  $A_1$ , iar în  $II$  rămâne în  $m_2$ ; apoi nivelul se va urca în  $II$  până în  $b_2$ , iar în  $I$  până în  $n_1$  și așa mai departe. După câțva timp jocul se termină și apa va avea același nivel în ambele tuburi.

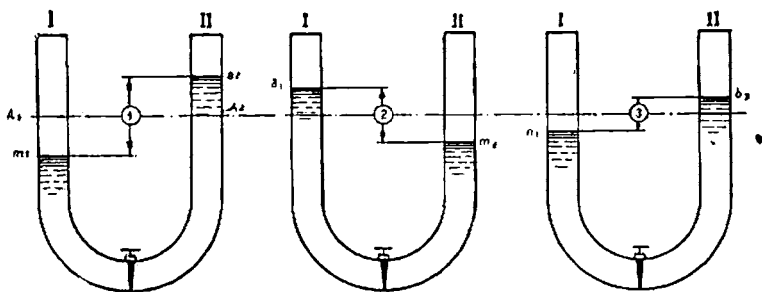


Fig. 293. — Mișcarea oscilatorie în vase comunicante

După cum se vede pendulul se mișcă de o parte și de alta a axului  $OO$ , iar nivelul apei în sus și în jos de linia  $A_1 A_2$ .

Vom spune că acestea sunt *fenomene periodice ondulatorii* sau *fenomene oscilatorii*.

Deci prin oscilații înțelegem acele mișcări periodice care se produc de o parte și de alta a unei poziții de echilibru.

Înafara mișcărilor de mai sus alte fenomene oscilatorii mai des întâlnite sunt: vibrațiile coardelor unui instrument muzical sau ale unui diapazon.

Dar pendulul face oscilații din ce în ce mai mici, diferențele de nivel ale apei în cele două coloane sunt și ele din ce în ce mai mici.

Oscilațiile pendulului ca și ale nivelului apei încetează după câțva timp.

Cum se produc aceste oscilații și de ce se sting după câțva timp?

Din cauza greutateii, pendulul coboară din  $A_1$  până în  $O$ ; aici ar trebui să se oprească, căci acțiunea greutateii încetează de vreme ce corpul a ajuns în punctul cel mai de jos la care îi permite legătura  $OA_1$ . Dar pendulul are *inerție*; el a luat o viteză, posedă o energie de mișcare și nu se va opri decât atunci când viteza ajunge zero adică energia de mișcare s'a transformat într'un lucru mecanic, ceea ce se întâmplă în punctul  $A_2$ .

Energia potențială pe care o are pendulul în  $A_1$  produce un lucru mecanic egal cu  $G \times h$  ( $G$  este greutatea pendulului). La rândul său lucrul mecanic se transformă în energie de mișcare.

În deplasarea dela  $O$  la  $A_2$  pendulul face un lucru mecanic care *absoarbe* energie, căci viteza descrește treptat până la  $A_2$ .

Deoarece lucrul mecanic sau energia nu se distruge, ar trebui ca lucrul mecanic dela  $O$  la  $A_2$  să fie același ca dela  $A_1$  la  $O$  adică tot  $Gh$ .

În acest caz  $A_1$  și  $A_2$  ar fi la același nivel. Dacă  $A_2$  ar fi mai sus, ar însemna că lucrul mecanic se produce din nimic; dacă  $A_2$  ar fi mai jos, ar însemna că lucrul mecanic se distruge, ceea ce iarăși nu se poate.

Totuși  $A_2$  este mai jos, căci o parte din energia pendulului este absorbită de diferite frecări.

Continuând mișcarea, pendulul nu se mai ridică nici până în  $A_1$  ci puțin mai jos și așa mai departe; până ce oscilațiile se sting.

La fel se întâmplă cu mișcarea apei în cele două vase comunicante, la fel cu coardele și diapazonul.

Depărtarea pendulului de axa  $OO$  se numește *amplitudine* ( $A_1 B_1 A_2 B_2$ ); de asemenea depărtarea nivelului de apă în vasele  $I$  și  $II$  de poziția de echilibru ( $O_2 A_2$ , etc.) este amplitudinea jocului de apă.



*Un fenomen oscilatoriu este caracterizat prin frecvență și prin amplitudine.*

Am văzut că mișcările oscilatorii mai sus studiate se sting după un timp.

Oscilațiile a căror amplitudine descrește cu timpul și se sting se numesc *amortizate*.

Dacă pendulului îi dăm din când în când câte un impuls, mișcarea oscilatorie nu se stinge.

Oscilațiile a căror amplitudine rămâne constantă se numesc *întreținute*.

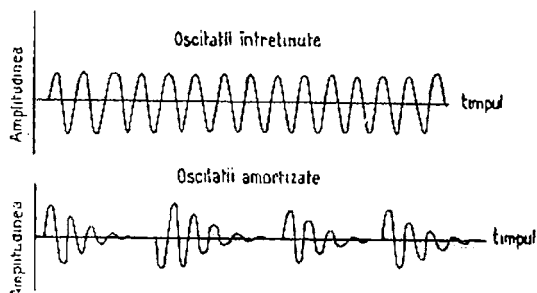


Fig. 294. — Oscilații întreținute și amortizate

Cunoașterea fenomenelor pe care le-am descris, ne vor înlesni înțelegerea unor fenomene electrice asemănătoare.

**202. Un condensator se descarcă prin oscilații electrice.** Un fenomen asemănător cu oscilațiile mecanice descrise mai sus se poate produce și în electricitate.

Să facem experiența următoare: luăm o bobină de autoinducție, cu rezistența ohmică foarte mică, și o legăm cu armatura unui condensator; cealaltă armatură la o sferă mică de metal; de asemenea capătul bobinei îl legăm la altă sferă mică de metal.

Aceste sfere depărtate cu câțiva mm le numim *eclator*.

La bornele condensatorului legăm înfășurarea de înaltă tensiune a unei bobine de inducție cu care știm că putem obține tensiuni înalte.

Bobina de inducție, funcționând, încarcă cu electricitate cele două armături ale condensatorului. La o încărcare anumită se produce între sferele eclatorului o scântei.

Fenomenul se repetă apoi după câțva timp, după ce bobina de inducție a încărcat din nou condensatorul.

Aceasta este tot ce putem observa cu ochiul liber.

Observând fenomenul cu ajutorul unor oglinzi învârtitoare vom constata o serie de dungi alternative luminoase și întune-coase! Dungile luminoase scad treptat până dispar. Această în-seamnă că descărcarea electrică este și ea oscilatorie, iar nu continuă, numai într'un singur sens dela un pol la altul.

Dacă descărcarea ar fi un fenomen de simplă trecere a cu-

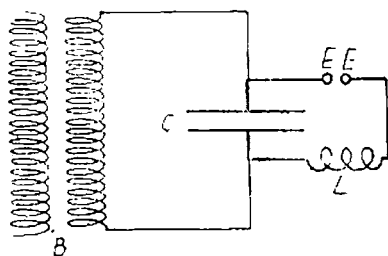


Fig. 295. — Circuit pentru descărcarea unui condensator

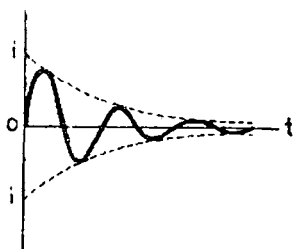


Fig. 296. — Cum variază curentul de descărcare al unui condensator

rentului o singură dată și în același sens, în oglinda învârtitoare s'ar constata o singură bandă luminoasă. În realitate se observă mai multe bande de lumină care alternează cu altele întune-coase.

Care este cauza? Curentul de descărcare circulă dela o sferă la alta a eclatorului, de mai multe ori, când într'un sens când într'altul, iar la fiecare schimbare de sens trece prin valoarea zero (ca în orice curent alternativ).

Când privim în oglinda învârtitoare, avem lumina cea mai puternică când curentul este maxim, iar când curentul trece prin zero, ea se stinge.

Un asemenea curent ajunge să aibă până la 100 000 schimbări pe secundă; întreaga descărcare durează foarte puțin: într'o miime de secundă curentul este aproape stins.

Dacă bobina de inducție încarcă de exemplu condensatorul de 50 ori pe secundă, vor fi într'o secundă 50 descărcări, care

vor dura însă numai o miime de secundă. Fenomenul este arătat grafic în fig. 297.

Circuitul oscilant de care ne-am folosit este *deschis*, dar poate fi și *închis*.

După cum se vede, am obținut niște curenți alternativi care nu se mai aseamănă cu cei cu care suntem obișnuiți, căci frecvența lor este foarte mare, iar intensitatea lor descrește cu timpul.

Curenții obținuți se numesc *curenți de înaltă frecvență*.

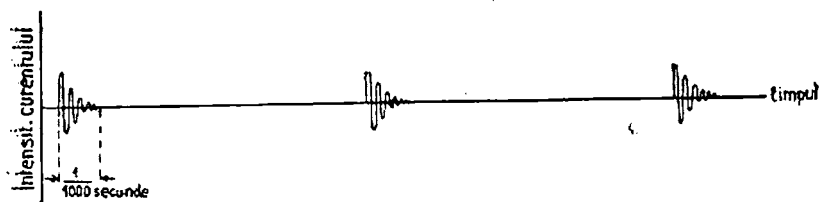


Fig. 297. — Descărcările unui condensator

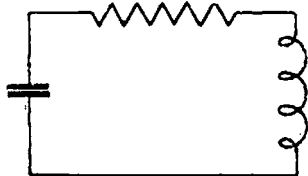


Fig. 298. — Circuit oscilant închis

Oscilațiile de felul celor de mai sus sunt *amortizate*, căci se sting după un anumit timp. Circuitul în care se produc oscilațiile electrice se numește *circuit oscilant*.

În acest caz curentul de încărcare a condensatorului îl vom produce prin inducție (ca la un transformator). Curentul deschis a permis producerea scânteilor ceea ce ne-a arătat mai lesne fenomenul oscilator.

Frecvența oscilațiilor se poate calcula din formula  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  în care  $L$  este coeficientul de autoinducție socotit în henry, iar  $C$  este capacitatea socotită în farazi.

Cum se explică această descărcare oscilatorie? Foarte

simplu, dacă avem în minte mișcarea oscilatorie pe care am descris-o : mișcarea pendulului.

Curentul dat de bobina de inducție circulă mai întâi într'un anumit sens până ce încarcă condensatorul (corespunde aducerii pendulului în  $A_1$ ), pe urmă condensatorul se descarcă, ceea ce dă naștere unui curent în sens invers (pendulul se mișcă dela  $A_1$  la  $O$ ). Deși condensatorul este complet descărcat (pendulul în  $O$ ), curentul circulă mai departe, datorită inerției autoinducției.

Curentul astfel produs are de efect o nouă încărcare a condensatorului, dar cu poli inversați (pendulul în  $A_2$ ). Urmează apoi iar o descărcare a condensatorului (pendulul se mișcă dela  $A_2$  la  $O$ ). Și așa mai departe.

Este deci un fenomen care are o mare asemănare cu mișcarea pendulului.

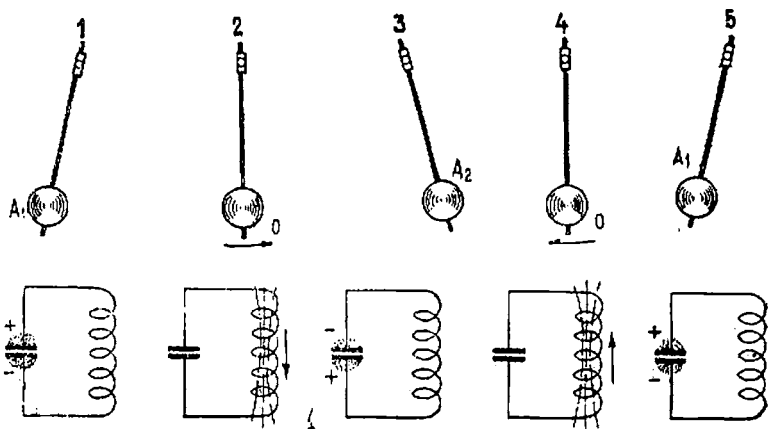


Fig. 299. — Oscilațiile electrice se aseamănă cu ale pendulului

De ce se sting oscilațiile electrice? Din cauza pierderilor Joule-Lenz în rezistența ohmică (după cum oscilațiile pendulului se sting din cauza frecărilor).

Frecvența mișcărilor unui pendul este hotărâtă de lungimea și greutatea lui, frecvența oscilațiilor electrice este determinată de  $C$  și  $L$ .

203. Undele electromagnetice. Oscilațiile repezi ale unui corp în aer produc unde. Astfel o coardă întinsă făcută să vi-

breze (de exemp'lu cu ajutorul arcușului) va comprima aerul din vecinătate, apoi îl va lăsa să se destindă și așa mai departe.

Aceste comprimări și destinderi se transmit stratului de aer din apropiere și așa mai departe.

În felul acesta se transmite sunetul. Ne putem mai bine închipui acest fenomen, amintindu-ne de undele care se produc într-o apă stătătoare: când aruncăm o piatră apa face un joc în sus și în jos pe care-l numim undă și prin care turburarea produsă de piatră se transmite departe.

Dacă ne uităm mai atent vom vedea că apa nu se mișcă în direcția în care fug undele. Deci picăturile de apă joacă pe loc în sus și în jos executând o mișcare periodică *oscilatorie*.

Și pe un lan de grâu când bate vântul se văd unde care se transmit departe fără însă ca vreun fir de grâu să se miște din rădăcină.

Distanța între două vârfuri de undă alăturate se numește *lungime de undă*, iar numărul oscilațiilor într-o secundă reprezintă, după cum știm, frecvența  $f$ . Lungimea de unde se înseamnă de obicei cu litera grecească  $\lambda$  (citește lambda).

La fiecare oscilație unda înaintază cu  $\lambda$  : deci un timp de o secundă va înainta cu  $f\lambda$ . Dar distanța parcursă de undă într-o secundă este viteza ei  $V$ . Deci:

$$V = f\lambda.$$

Să trecem acum la undele de aer care transmit sunetele: *undele sonore*.

Viteza lor este de 340 m/s; deci

$$340 = f\lambda$$

sau

$$\lambda = \frac{340}{f}.$$

Urechea noastră poate să perceapă unde a căror frecvență este cuprinsă între 16 și 16 000. Sunetele muzicale sunt cuprinse între 16 și 5000. Nota „la” are frecvența 440.

Undele a căror frecvență este sub 16 se numesc *infrasunete*, iar sunetele a căror frecvență este foarte mare se numesc *ultrasunete*.

Curentul alternativ care parcurge un circuit oscilant produ-

ce în vecinătatea lui un *câmp magnetic alternativ*, lucru pe care-l știm dela studiul electromagnetismului; încărcarea electrică alternativă a armaturilor condensatorului produce și ea un *câmp electric alternativ*.

Aceste două câmpuri sunt în legătură unul cu altul așa fel că dacă unul se schimbă se schimbă și celălalt.

Ele formează deci un tot care se numește *câmp electromagnetic*.

Un asemenea câmp îndată ce este produs începe să se răspândească (să se propage) pretutindeni cu o foarte mare viteză (300 000 km/s).

Dar și câmpul electromagnetic care se propagă este tot un fenomen variabil ca și sursa care l-a produs.

Deci câmpul va trece prin valoarea zero, va fi maxim, își va schimba sensul, trece din nou printr'un maxim, și iarăși prin zero. Totodată el se deplasează.

Deci și câmpul electromagnetic se transmite la fel ca sunetul formând unde: *unde electromagnetice*.

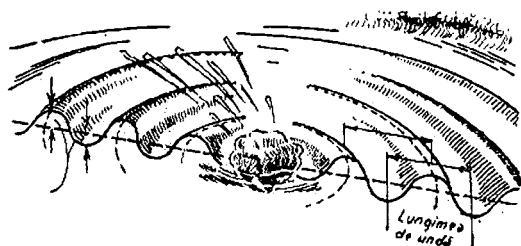


Fig. 300. — Producerea și propagarea undelor electromagnetice se aseamănă cu a undelor apei

Vom avea și aici relația:

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{300\,000\,000 \text{ m/s}}{f}$$

În felul acesta putem stabili lungimile de undă pentru fiecare fel de propagare. Dacă de exemplu  $f = 100\,000$

$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{100\,000} = 3000 \text{ m.}$$

Frecvențele se mai exprimă și prin *cicli* pe secundă, sau prin kilocicli (1 kc = 1000 cicli) pe secundă sau prin megacicli (1 Mc = 1 000 000 c).

Dacă vorbim în kilocicli formula de mai sus se poate scrie:

$$\lambda = \frac{300\ 000}{f}$$

Undele folosite pentru radio au frecvențe care variază dela 10 kc până la 30 000 Mc ceea ce corespunde la lungimea de undă dela 30 000 m până la 1 cm.

Între aceste limite sunt următoarele grupe:

Frecvențe		Lungime de undă	
Foarte joasă frecvență	10 — 30 kc	30 000 — 10 000 m	
Joasă frecvență	30 — 300 kc	10 000 — 1000 m	
Medie frecvență	300 — 3000 kc	1 000 — 100 m	
Înaltă frecvență	3000 — 30 000 kc	100 — 10 m	
Foarte înaltă frecvență	30 000 — 300 000 kc	10 — 1 m	
Ultra înaltă frecvență	300 — 3000 kc	1 — 0,1 m	
Supra înaltă frecvență	3000 — 30 000 kc	0,1 — 0,001 m	

Undele electromagnetice transmit energia electrică, dar în cantitate foarte mică.

*Rezonanța electrică.* Dacă pendulului în mișcarea lui i se dă câte o ușoară lovitură în sensul mișcării, oscilațiile lui se vor mări mult. Loviturile noastre produc acest efect numai dacă ele sunt date în ritm cu mișcarea.

Dacă din două diapazoane la fel (deci care dau sunete de aceeași frecvență) așezate în apropiere, facem pe unul să vibreze, celălalt, fără a-l atinge, va vibra și el.

Deci undele sonore venite dela primul, vor da impuls celui de al doilea diapazon, pentru a se pune în mișcare. Din cauză că al doilea diapazon are *aceeași frecvență proprie* cu primul, el vibrează chiar la impulsul foarte slab pe care-l primește prin undele sonore (adică la ușoarele presiuni și destinderi ale aerului, imprimate).

La început diapazonul se pune foarte încet în mișcare, apoi loviturile undelor sonore sosind la timp potrivit măresc oscilațiile. *Acesta este fenomenul de rezonanță mecanică. Deci un corp, care poate oscila, va intra în rezonanță când impulsurile pe care le primește au aceeași frecvență ca și frecvența proprie a aceluia corp.*

Și la oscilațiile electrice de înaltă frecvență se produc fenomene de rezonanță care au o foarte mare importanță.

Frecvența proprie a unui circuit electric format dintr-o bobină de autoinducție și un condensator  $C$  este :

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

Dacă rezonatorul are frecvența proprie egală cu a undelor sonore care le primește, vom obține în acest rezonator cele mai mari oscilații.

La transmițerile de unde electromagnetice impulsul lor este foarte slab ; deci are mare importanță ca circuitul primitiv să fie în rezonanță sau cum se mai spune *acordat cu frecvența undei*.

Cunoștințele pe care le-am căpătat până acum relativ la oscilațiile și undele de înaltă frecvență sunt foarte importante căci sunt la baza producerii, transmițerii și primirii lor. Vom putea să trecem acum la aplicații practice.

**204. Elementele circuitelor de înaltă frecvență.** Principalele aparate folosite în circuitele de înaltă frecvență sunt rezistențele, capacități și bobine de autoinducție.

*Rezistențele* folosite sunt fixe și variabile.

Rezistențele fixe se fac dintr'un fir de metal înfășurat pe un suport, sau dintr'un amestec de corpuri bune conducătoare și izolatoare legate printr-o rășină sintetică sau dintr'un strat metalic subțire întins pe un izolator.

*Condensatoarele* pot fi și ele fixe sau variabile.

Condensatoarele fixe au un dielectric diferit de aer. Ele sunt de obicei făcute din hârtie parafinată și foi de staniol.

Condensatoarele variabile, sunt formate din mai multe plăci variabile, intercalate între altele fixe. Mișcând plăcile variabile se modifică și capacitățile condensatorului.

De ce avem nevoie de condensatoare variabile? Pentru a acorda un circuit oscilant, adică a-l potrivi astfel ca frecvența lui proprie să corespundă cu frecvența undelor primite.

Când, după ce am deschis aparatul de radio învârtim butonul pentru a auzi unul din posturi, noi nu facem decât o acordare a circuitului pentru frecvența undei postului pe care-l căutăm.



*Bobinele* se construiesc de diferite feluri; și ele pot fi fixe și variabile.

**205. Primele încercări de producere, transmitere și recepție de unde electromagnetice.** Aplicațiile curenților de înaltă frecvență sunt numeroase.

Printre cele mai importante sunt radiocomunicațiile, care cuprind: telegrafia fără fir, adică transmiterea de semnale Morse, radiodifuziunea, adică transmiterea muzicii și a vorbirii, televiziunea, transmiterea de fotografii și transmiterea de imagini mișcătoare.

Primele experiențe de acest fel au fost făcute în anul 1888 în felul următor:

Pentru producerea de oscilații electromagnetice a fost folosit un *oscilator* compus dintr'un condensator ale cărei armaturi sunt două sfere *A* și *B*, continuate prin două vergele terminate cu câte o mică bulă între care țâșnesc scânteele. Sferile condensatorului sunt legate la bornele unei bobine de inducție.

Primirea oscilațiilor electrice se făcea prin *rezonator*, adică circuite în care se produc prin inducție curenți oscilanți la fel cu cei produși de oscilator.

Primul rezonator folosit a fost un cerc gros de fir de cupru întrerupt. Distanța de întrerupere putea să fie mărită sau micșorată cu ajutorul unui șurub.

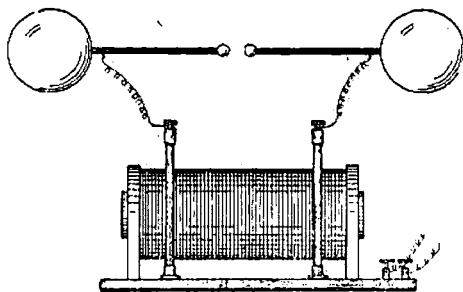


Fig. 301 a. — Oscilatorul

Primirea undelor electromagnetice și producerea de curenți oscilanți în rezonator se dovedea prin apariția unor scântei între vârful șurubului și celălalt capăt al circuitului (distanța care

se poate regla). Dar curenții astfel obținuți erau foarte slabi ; de asemenea și scânteeile. De aceea distanța între oscilator și rezonator nu putea trece de câțiva zeci de metri.

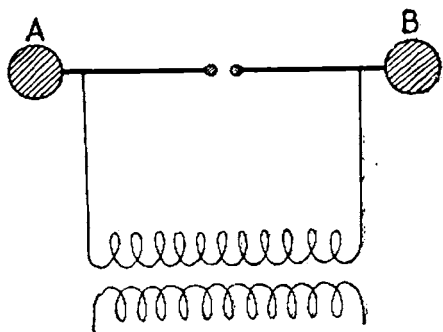


Fig. 301 b. — Schema oscilatorului

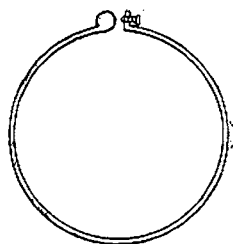


Fig. 302. — Rezonator

O îmbunătățire a recepționării oscilațiilor electrice s'a obținut legându-se cele două capete ale rezonatorului la un alt aparat numit *coheror*. El este format dintr'un tub de sticlă în care intră două vergele de metal care nu se ating. În spațiul dintre ele se pune pilitură de cupru sau de argint. Coherorul se introduce în circuitul unei baterii și sonerii. Curentul bateriei nu poate trece prin coheror din cauza rezistenței mari. Când apar oscilații electrice în rezonator, descărcările electrice produc o alipire a firisoarelor; rezistența se micșorează și soneria începe să sune. În felul acesta un grup de unde care ajungea la rezonator era anunțat de sonerie.

Dar coherorul trebuie readus la starea lui inițială după fiecare grup de unde, pentru ca să fie pregătit să primească alte transmisiuni.

Altfel soneria va suna încontinuu și nu vom putea afla că a venit alt grup de unde. Firisoarele deci trebuie deslipite după trecerea fiecărui grup de unde, ceea ce se obține ciocnindu-le ușor.

De vreme ce avem posibilitatea de a produce și primi unde magnetice ne putem folosi de ele spre a transmite semnale.

În adevăr, dacă vom întrerupe curentul din oscilator, timp mai lung sau mai scurt, vom emite semnale lungi și scurte, care

vor fi primite de rezonator. Aceste semnale le vom folosi ca și punctele și liniile din telegrafia fără fir, pe baza alfabetului Morse.

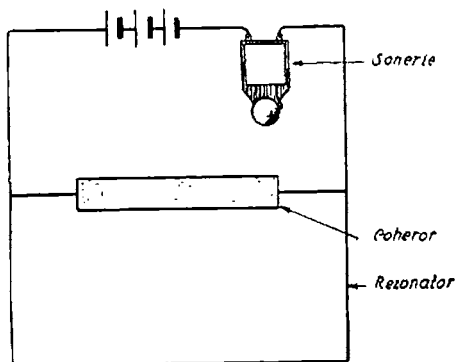


Fig. 303. — Coheror

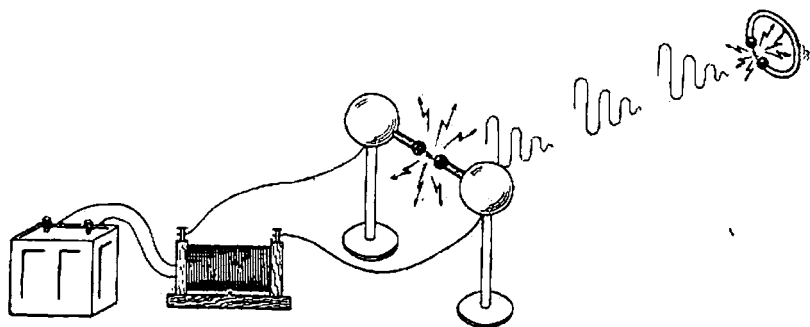


Fig. 304. — Transmisiunea și recepția de unde electromagnetice

Procedeu cel mai vechiu folosit pentru a produce oscilații electrice este descărcarea electrică despre care am vorbit, cu ajutorul unei bobine de inducție.

O altă îmbunătățire, pe lângă coheror, a fost introducerea *antenei*, care se compunea din următoarele: un conductor vertical legat de una din bulele eclatorului, pe când cealaltă se lega de pământ.

Când se produceau scântei între bulele eclatorului, apărea

un curent oscilator amortisit în circuitul antenă-pământ, care provoacă emisia de unde electromagnetice.

Prin introducerea antenei, puterea de împrăștiere a oscilatorului s'a mărit foarte mult.

Mai târziu, s'au construit alternatoare de înaltă frecvență, putând produce curenți variabili, până la 25 000 cicli pe secundă.

Dar amândouă mijloacele, bobina de inducție și alternatoarele, au fost aproape înlocuite prin lampa cu trei electrozi, care, pe lângă rolurile pe care le-am descris, mai poate fi și *oscilator de înaltă frecvență*.

**206. Telegrafia fără fir.** Iată deci principiul de funcționare al telegrafiei fără fir.

O instalație de telegrafie cuprinde: la emisie *un post emițător*, care produce curenți de înaltă frecvență și o *antenă*, adică un

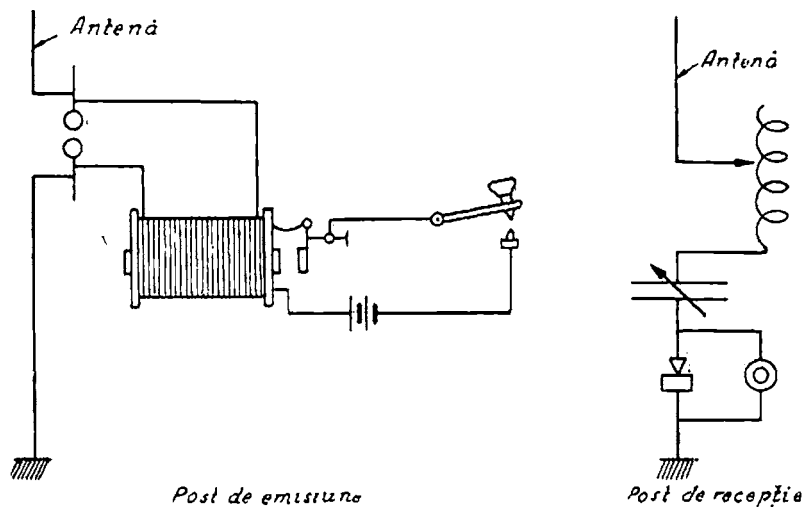


Fig. 305. — Posturi de telegrafie fără fir cu unde amortisite.  
Cuplaj direct

organ care răspândește în tot spațiul unde electromagnetice, iar la primire o *antenă* și un *post de recepție*, care primește curenții induși de aceste unde.

Fig. 306 a și 306 b arată două instalații de emisiune-

recepție de felul celor care s'au executat la începutul telegrafiei.

Observăm că la recepție se folosesc condensatoare și bobine reglabile (notate prin săgeată).

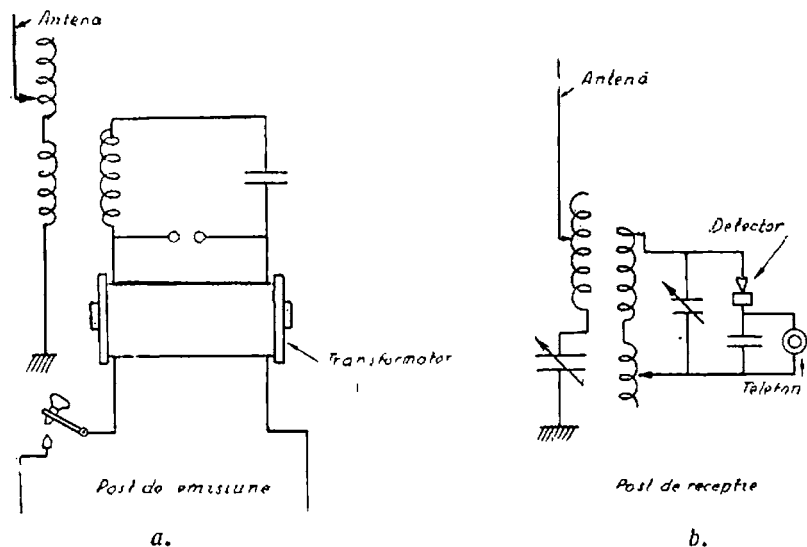


Fig. 306. — Posturi de telegrafie fără fir cu unde amortizate  
Cuplaj indirect.

Scopul este de a putea realiza acordul cu frecvența unei emise, adică de a obține un circuit oscilant în rezonanță cu cel de emisie.

Această rezonanță se produce când frecvența proprie a circuitului de recepție  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  este egală cu a unei emise.

Ca să o putem realiza, modificăm capacitatea  $C$  și auto-inducția  $L$ .

Am arătat că întrerupând curentul din oscilator un timp mai lung sau mai scurt vom emite semnale.

*Modificarea curenților de emisie astfel ca ei să poată produce semnale sau sunete, se numește modulație.*

După cele ce am arătat mai sus, rezultă că modulația la telegrafia fără fir se face prin întreruperea curentului.

Curenții de primire vor fi și ei la fel întrerupți. Ei pot fi

captați fie transformându-i în curenți de joasă frecvență și atunci semnalele pot fi auzite la un receptor telefonic, sau pot fi transformați în curent continuu și atunci semnalele pot fi primite pe banda unui aparat de recepție telegrafic.

Această transformare se numește *deteție* și despre ea vom vorbi la radiofonie.

La început, s'au folosit detectori cu cristale, formați dintr'un vârf ascuțit, metalic, sprijinit pe un cristal de galenă, adică de sulfură de carbon naturală. Observăm că cele două scheme din fig. 305, 306 sunt diferite și anume deosebirea este următoarea: în cea de a doua, emisiunea curenților în antenă și primirea curenților dela antenă se face prin inducție, deci *indirect*, pe când în prima se face *direct*.

Instalațiile directe au neajunsul că oscilațiile se sting repede din cauză că descărcarea prin eclatori în antenă prezintă mare rezistență.

O îmbunătățire foarte importantă a telegrafilei a fost introducerea de curenți alternativi *întreținuți*, adică care nu se sting după un anumit timp.

În felul acesta postul de emisiune și recepție a ajuns să fie comparat cu primarul și secundarul unui transformator, așezați la mare distanță unul de altul. Curenții de emisiune sunt întrerupți pentru durate mai lungi sau mai scurte, pentru a da semnale după codul Morse.

Unde amortisate aproape nu se mai folosesc. Astăzi se fac emisiuni cu unde întreținute, produse de alternatoare de înaltă frecvență, dar mai ales de posturi cu lămpi cu trei electrozi.

**207. Radio.** Instalațiile sunt asemănătoare cu acelea ale telegrafiei.

Și aici avem un post *emițător* și *posturi de recepție*.

Pentru emisiuni, problemele principale sunt *producerea oscilațiilor* și *modulația lor*.

Când am învățat despre telefon am constatat că microfonul este aparatul cu ajutorul căruia putem varia curenții și deci transmite vorbirea.

Și în radio trebuie să variem curenții pentru a transmite sunetele. Aceasta este *modulația*.

Ea se obține prin variația intensității și mai rar prin variația frecvenței.

Fig. 307 arată cele trei feluri de modulații: *a* prin întrerupere (pe care am văzut-o folosită la telegrafia fără fir), *b*, prin variația amplitudinii, *c* prin variația frecvenței. La recepție problemele principale sunt ale *detecriei* și *amplificării*.

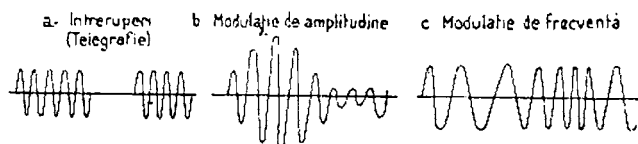


Fig. 307 a, b, c. — Diferite feluri de modulații

Dacă un curent de înaltă frecvență ar alimenta direct un receptor telefonic nu s'ar auzi nimic căci acest curent întâmpină o rezistență prea mare la trecerea prin bobinajul telefonului. Dar chiar dacă trece, membrana receptorului nu poate urmări vibrațiile foarte repezi ale curentului.

În sfârșit, chiar dacă membrana ar executa aceste mișcări nu am putea percepe sunete atât de repezi.

Prin urmare, nu putem introduce direct curenții de înaltă frecvență în receptorul telefonic al postului de recepție.

Ce putem face?

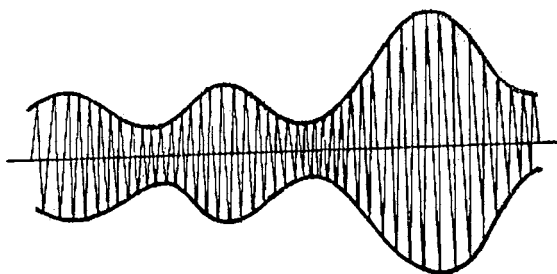


Fig. 308. — Undă modulată

Prin operația numită *detecrie* lăsam curentul să treacă numai într-o direcție.

La început s'au folosit detectoare cu cristale, formate

dintr'un vârf ascuțit metalic sprijinit pe un cristal de galenă, adică de sulfură de carbon naturală.

Iată o instalație de recepție cu detector. Oscilațiile electrice de joasă frecvență detectate trebuie transformate în oscilații acustice.

În acest scop se întrebuițează telefonul sau difuzorul.

În locul telefonului se poate întrebuița un difuzor, care este tot un telefon, dar mai puternic și prevăzut cu o pânză.

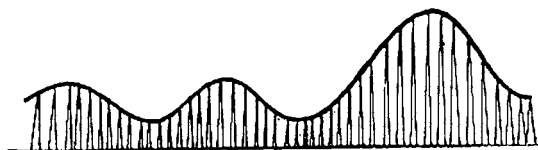


Fig. 309. — Undă detectată

Deși curentul trecut prin detector are totuși pulsații foarte repezi, membrana telefonului se va deplasa încet corespunzător curbei din fig. 309, adică curbei care arată tocmai modulația și deci produce sunetele.

În locul detectorului cu galenă se folosește astăzi un aparat mult mai sensibil : *lampa cu doi și cu trei electrozi*.

Curenții obținuți cu aceste instalații sunt foarte slabi. De aceea trebuie măriți spre a putea fi mai bine prinși de un receptor telefonic.

Această amplificare se face tot cu lampa cu trei electrozi.

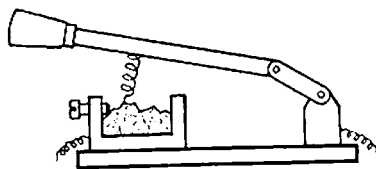


Fig. 310. — Detector cu galenă

Din cele mai sus arătate rezultă că lămpile cu electrozi au un rol foarte important în radiocomunicație. Astăzi se construiesc lămpi și cu mai mult de 3 electrozi. Principiul lor de funcționare se bazează însă pe fenomenele descrise.



**208. Importanța transmisiunilor radiofonice.** Transmisiunile prin radio au învins distanțele. La început distanța de transmitere s'a măsurat în zeci și sute de metri, apoi kilometri și în sfârșit, în sute și mii de kilometri. Succesele radio-ului se explică prin faptul că radiocomunicațiile nu necesită firele de legătură.

Datorită acestei proprietăți legătura cu radio poate fi stabilită cu un vapor care plutește, cu un submarin, cu un avion în zbor, cu un automobil, cu un tren, cu un taxicab, etc., care la rândul lor pot menține legătura cu radio-ul de oriunde.

Important mai este și faptul că legătura cu radio-ul se realizează aproape imediat.

Pentru Țara Sovietică legătura prin radio este deosebit de importantă deoarece ea se întinde pe 10 000 km dela Apus la Răsărit, și pe 5000 km dela Nord la Sud. Undele radiofonice reduc aceste distanțe, de aceea în U.R.S.S. posturile de radio sunt foarte puternice. Ele reprezintă o realizare minunată a Puterii Sovietice.

Radio-ul nu a apărut la întâmplare. Timp de mai multe secole omenirea a căutat mijlocul cel mai perfect de comunicație și numai în 1895 marele savant rus A. S. Popov a reușit să-l realizeze sub forma de radio-telegraf.

Înventatorul radio-ului, Alexandru Stepanovici Popov s'a născut în ziua de 16 Martie 1859 într'un orașel muncitoresc, Turinskie Rudniki în Uralul de Nord. El era un copil extrem de curios și îi plăcea mai ales tehnica. Când nu înțelegea ceva întreba pe inginerii unei fabrici de cupru din apropiere. Popov construia singur modele de tot felul de mecanisme. La școală el arăta mare interes pentru fizică și matematici. După școala din Delmetov trece la o școală din Permi și de aici pleacă la Petersburg la universitate, unde a făcut studii strălucite.

Părinții lui neavând mijloace suficiente, Popov a fost nevoit să dea lecții în case particulare. După terminarea studiilor el intră conferențiar la Școala de Ofițeri de Mine din Cronstad. Aici Popov a lucrat 18 ani în domeniul electricității, care l-a adus la descoperirea comunicațiilor prin unde electrice.

**209. Televiziunea.** Transmiterea imaginilor se face în mod asemănător cu a sunetelor.

La postul de emisie se introduce un fotoelement, adică

un aparat care dă un curent electric cu intensitate variabilă, după cantitatea de lumină primită. În fața fotoelementului se rotește imaginea care trebuie transmisă. Deoarece imaginea are culori diferite ea va transmite fotoelementului lumină diferite și deci se vor produce curenți variabili.

Aceștia sunt transmiși în mod asemănător ca în radio. La postul de recepție variația de curent va produce variația de lumină și reproducerea imaginii transmise.

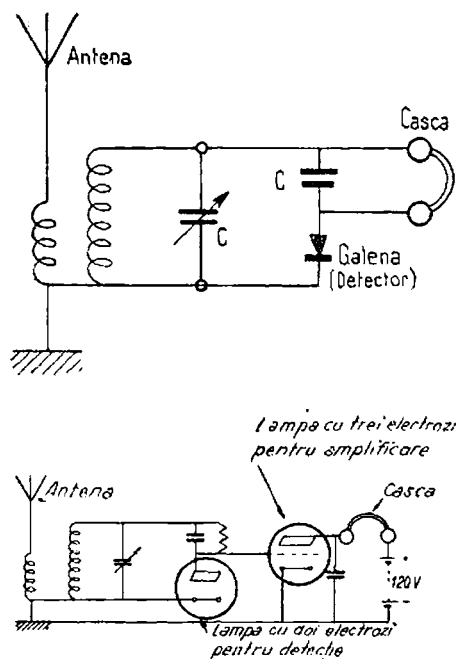


Fig. 311 a, b. — Scheme de aparate de radio

### Intrebări recapitulative

1. Ce fenomene oscilatorii cunoașteți?
2. Explicați mișcarea alternativă a pendulului.
3. Idem a apei în două vase comunicante.
4. Ce se numește frecvență? Dar amplitudine?
5. Cum se descarcă un condensator?

6. Explicați oscilațiile electrice într'un circuit de descărcare a unui condensator?
7. Prin ce se caracterizează aceste oscilații?
8. Ce sunt oscilațiile amortisate? Dar cele întreținute?
9. Ce sunt undele electromagnetice?
10. Explicați pentru comparație undele sonore.
11. Ce este lungimea de undă?
12. Ce legătură este între frecvența și lungimea de undă?
13. Ce lungime au undele folosite în radiocomunicație?
14. Ce este rezonanța electrică?
15. Comparați-o cu alte fenomene de rezonanță pe care le cunoașteți.
16. Explicați principiul producerii, transmiterii și recepției undelor electromagnetice.
17. Explicați telegrafia fără fir.
18. Ce este lampa cu doi electrozi? Dar cea cu trei electrozi?
19. Pe ce fenomene se bazează?
20. Care sunt utilizările acestor lămpi?
21. Ce este radio?
22. Ce este modulația? Ce este detecția?

## XXII. ACCIDENTE PROVOCATE DE ELECTRICITATE ȘI MIJLOACE DE PROTECȚIE

210. **Accidente asupra ființelor vii.** Corpul omenesc sau o parte a lui este străbătută de curent electric dacă vine în atingere cu conductori aflați sub tensiune.

În anumite condiții curentul electric trecând prin corpul omenesc produce efecte folositoare, care sunt aplicate de către medicină în tratamentul unor boli.

Curentul electric însă poate provoca și accidente și anume: arsuri, răniri, orbire, alte accidente și chiar moartea.

Să cercetăm cazurile în care se poate produce contactul cu conductori sub tensiune.

Instalațiile cele mai obișnuite sunt trifazate cu neutrul izolat sau legat la pământ.

În cazul neutrului legat la pământ dacă un om atinge o fază așa după cum se vede în fig. 312, el va fi supus tensiunii unei faze.

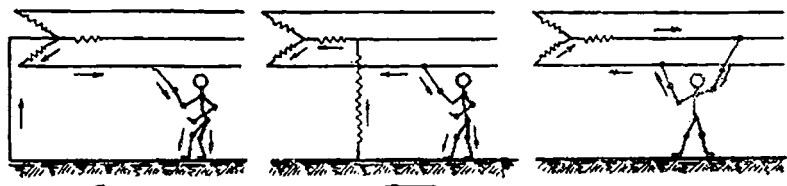


Fig. 312. — Drumul curenților prin corpul omenesc:  
a) în cazul unei instalații cu neutrul la pământ, b) în cazul unei instalații cu neutrul izolat adică nelegat la pământ; c) în cazul atingerii a două faze

Dacă omul atinge un conductor al unei instalații trifazate al cărui neutrul nu este legat la pământ el poate fi supus

tensiunii dintre două faze care este mai mare decât tensiunea unei faze, și anume este de 1,73 ori mai mare.

Observăm că în acest al doilea caz curentul se închide prin rezistența izolamentului fazei față de pământ: se știe că prin orice izolație trece un curent electric. Cu cât această izolație este mai mică, cu atât curentul de trecere va fi mai mare. În fig. 312 izolația a fost indicată printr-o rezistență. Vom recunoaște imediat că într-o instalație care n'are neutrul la pământ atingerea unei faze este foarte periculoasă dacă conductorii sunt defectuos izolați.

În sfârșit, un om mai poate să atingă ambele faze deodată; bine înțeles în acest caz el este supus la tensiunea dintre faze și curentul de astă dată depinde numai de tensiune și de rezistența electrică a corpului omenesc.

Deci, în acest caz, curentul va fi cel mai mare.

Ori de câte ori corpul este ud sau stă pe un corp ud, rezistența lui electrică se micșorează foarte mult și deci va fi străbătut de un curent mare.

Mulți cred că tensiunea de 110 V și chiar cea de 220 V nu este periculoasă și că deci putem să atingem fără grijă conductorii aflați sub aceste tensiuni.

Lucrul nu este adevărat; aceste tensiuni pot să producă curenți mortali în anumite condiții când corpul omenesc prezintă o mică rezistență electrică, cum ar fi când suntem cu picioarele ude sau asudați sau suferinzi de anumite boli interne.

Pot fi considerate ca nepericuloase în anumite condiții, numai tensiunile de 40 V; alteori tensiunea nepericuloasă poate fi numai 24 V; iar în cazul când se lucrează în contact cu piese mari de metal, cum ar fi de exemplu în interiorul cazanelor, tensiunea nepericuloasă este abia de 12 V.

Prin urmare, în asemenea cazuri de lucru se vor folosi lămpi și aparate electrice alimentate cu aceste tensiuni reduse într-o cât numai atunci putem fi siguri că nu se vor produce accidente.

*Accidentele prin electricitate.* Le putem împărți în mai multe categorii, după gravitatea lor.

Curentul poate provoca numai o sguđuire, o sperietură, leșin sau chiar un șoc nervos.

Un accident mai grav este atunci când curentul electric produce paralizia mușchilor, în acest caz accidentatul nu se mai poate desprinde de conductorul pe care l-a atins și trebuie luate măsuri imediate pentru a-l degaja, căci altfel accidentul poate fi mai grav.

În sfârșit, curentul electric mai poate produce paralizia unei părți mai mult sau mai puțin întinse din corp, și chiar încetarea respirației.

Urmarea poate fi moartea, dacă încetarea respirației este de mai lungă durată.

Gravitatea accidentului, depinde, bine înțeles, de tensiunea atinsă, de rezistența pe care o prezintă corpul, dar mai depinde și de ce parte a corpului a venit în contact cu conductorii; atingerea cu capul sunt aproape totdeauna mortale.

**211. Măsuri de ajutor pentru electrocuțați.** Accidentul cel mai des este arsura corpului în locul de atingere cu conductorul. Arsura este datorită rezistenței pielei la trecerea curentului electric.

Arsurile sunt de trei grade: arsurile de gradul I, sunt caracterizate prin înroșirea pielei și oarecare durere.

La arsurile de gradul II, apar bășici, iar la arsurile de gradul III se produce carbonizarea pielei și mușchilor.

La arsurile de gradul I se aplică un pansament din vată și tifon; dacă arsura doare trebuie presărat bicarbonat de sodiu, sau aplicată o compresă cu apă de plumb sau cu acid boric.

Arsurile de gradul II și III trebuie tratate de medic.

Am arătat mai sus că de multe ori cel electrocutat rămâne prins de conductor și de aceea primul ajutor de dat este desprinderea lui de instalația aflată sub tensiune. Dacă nu se poate întrerupe curentul instalației trebuie să îndepărtăm pe accidentat cu mare precauțiune căci altfel suntem și noi în pericol să fim electrocuțați.

De aceea să nu uităm următoarele reguli:

— Să nu ne folosim de obiecte de metal sau umede, ci numai de corpuri care pot să fie buni izolanti, nu baston, o funie uscată, etc.

— Dacă avem mănuși de cauciuc să le întrebuițăm sau în lipsa lor să înfășurăm mâinile cu o stofă uscată.

Să nu fim niciodată în atingere cu pământul sau cu corpuri ude.

Să nu apucăm îmbrăcămintea accidentatului dacă este udă.

-- Să lucrăm numai cu mâna dreaptă.

- Să tăiem conducta atinsă cu un clește izolat sau dacă aceasta nu este posibil, cu un topor cu coada uscată, noi stând pe un postament uscat.

Am arătat că în unele cazuri accidentatul își pierde cunoștința, iar bătăile inimii și respirația sunt atât de slabe încât ele nu pot să mai fie percepute. De aceea de multe ori accidentatul este socotit mort; el poate fi însă numai într-o stare de moarte aparentă (numai un medic poate hotări aceasta). În acest caz, trebuie să-l facem să respire cât se poate mai repede și în acest scop, i se aplică o metodă de respirație artificială. Ea trebuie să fie continuată până când accidentatul își revine sau până când apar semne sigure că el nu mai este în viață. Pentru respirația artificială se aplică două metode, care diferă după poziția în care așezăm electrocutatul.

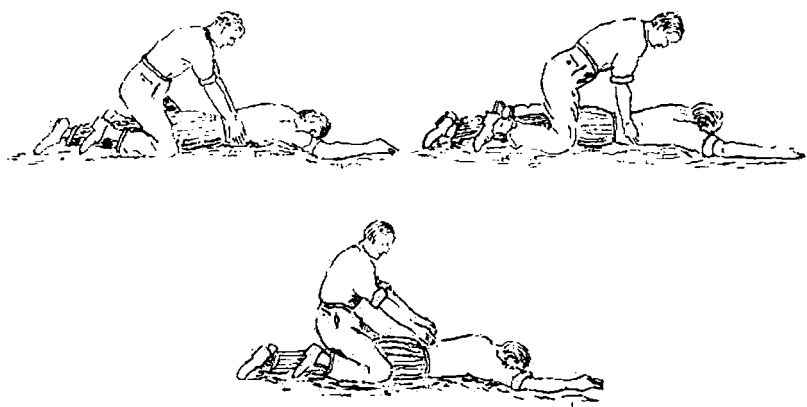


Fig. 313. — Respirație artificială, accidentatul fiind așezat cu fața în jos

Într-una din metode, accidentatul este întins cu fața în jos pe pardoseală. Brațele i se întind înainte, iar capul i se ridică puțin așezând sub frunte un obiect.

Cel care dă ajutorul apasă cu palmele pe coastele inferioare

ale accidentatului, după care le ridică în sus. Într'un minut trebuie făcute 15 asemenea apăsări.

În a doua metodă, electrocutatul este așezat pe spate, iar sub omoplați i se pune un sul făcut din haine, persoana care dă ajutorul este așezată lângă capul accidentatului și procedează ridicând brațele acestuia sub cap și apoi aducându-le la loc, apăsând pe ambele părți ale corpului.

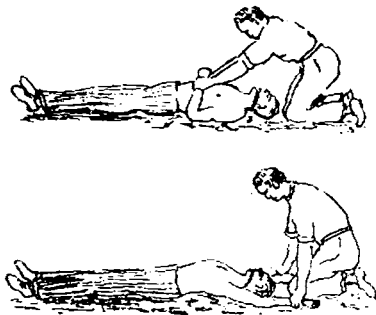


Fig. 314. — Respirație artificială, accidentatul fiind așezat cu fața în sus

Concomitent cu grija de a aplica cât mai repede o metodă de respirație trebuie luate următoarele măsuri : asigurarea accesului aerului curat, să nu fie prea multe persoane în cameră, accidentatul să fie eliberat de hainele care-l strâng, să i se desfacă gura și să i se introducă între dinți o bucată de lemn înfășurată cu o batistă. Tot cu o batistă să i se tragă limba, căzută în fundul cavității bucale și să se trimeată după medic.



## TABLA DE MATERII

### Partea I

#### Bazele electricității

	Pag.
Cap. I. Introducere . . . . .	7
Cap. II. Curentul electric . . . . .	11
Cap. III. Efectul caloric sau termic al curentului electric . . . . .	58
Cap. IV. Efectul chimic . . . . .	87
Cap. V. Efectul magnetic . . . . .	110
Cap. VI. Inducția electromagnetică . . . . .	146
Cap. VII. Curentul alternativ . . . . .	151
Cap. VIII. Electrostatica . . . . .	180
Cap. IX. Curenți electrici în gaze . . . . .	194
Cap. X. Mașinile electrice de curent alternativ . . . . .	208
Cap. XI. Mașinile de curent continuu . . . . .	234
Cap. XII. Convertizoare . . . . .	260
Cap. XIII. Măsurători electrice . . . . .	267
Cap. XIV. Materiale principale întrebuințate în electrotehnică . . . . .	278

### Partea II

#### Aplicațiile electricității

Cap. XV. Centrale electrice . . . . .	287
Cap. XVI. Aparate pentru înaltă tensiune în centrale și stații de transformare . . . . .	317
Cap. XVII. Instalații electrice interioare . . . . .	323
Cap. XVIII. Întrebuințările electricității . . . . .	340
Cap. XIX. Instalații de curenți slabi . . . . .	363
Cap. XX. Electronică . . . . .	370
Cap. XXI. Oscilațiile electrice și aplicațiile lor . . . . .	380
Cap. XXII. Accidente provocate de electricitate și mijloace de protecție . . . . .	402

# E R A T A

Pag.	În rândul	În loc de	Se va citi
36	7 de sus	formule cu	formule cu un $U$
36	18 " "	este de 300	este de 300 $\Omega$
48	2 de jos	f	t
52	8 de sus	T și W	t și T
73	figura 51 se rotește cu $180^\circ$		
85	4 de sus	W	P
125	fig. 94 c. se rotește cu $180^\circ$		
145	2 de jos	explicațiile	explicați-le
159	figura 124 se rotește cu $180^\circ$		
163	3 de sus	arc	ax
170	19 de sus	efectivă	eficace
172	4 de sus	dreapta	stânga
175	ultim de jos	120	$120^\circ$
177	2 de jos	firul	punctul
186	15 de jos se șterge litera B.		
204	14 de jos	10	$10-20$
214	1 de sus	se șterge cuvântul este	
223	4 de sus	mașini	masive
229	19 de sus	sincrone	asincrone
240	în legenda figurii 193 două bobine		patru bobine
248	17 de jos	se va șterge „la 4000 V”	
252	16 de jos	A și B	N și P
255	Între rândurile 10 și 11 se va intercala titlul „Răspunsuri”		
256	rândul 1 de jos	$200 \times 100$	$220 \times 100$
256	" 9 "	$U = E - R I$	$U = E - R I_l$
257	2 și 3 de sus se scrie:	$U = E + R_l I_l$ ; $E = U - R_l I_l =$ $220 - 96,4 \times 0,05 = 220 - 4,82 = 215,18 \text{ V}$	
257	4 și 5 " "	$U = E + I_l (R_l + R_m)$ ; $E = U - I_l (R_l + R_m) =$ $220 - 5 (0,20 + 0,25) = 220 - 22,5 = 197,5 \text{ V}$	
258	10 de jos	de	în
279	11 de sus	0,6	0,5
306	18 de sus	cu	în
332	fig. 260 a	—	Înterupător rotativ închis
	fig. 260 b	—	" " deschis
348	1 de sus	Tracțiunea electrică s'a dezvoltat în toate țările care au cu care sunt	energie se face cu un randament mai mare decât la locomotive, care nu sunt
373	ultimul rând	I	I
374	3 de jos	horiat	thoriat
375	13 de sus	se șterg cuvintele „moleculele și”	
276	15 de jos	" " „dar acest fel de a produce	
378	5 de jos	electroni se aplică la razele X și la redresoare.	
387	20 de sus	un	în
394	ultimul rând	306 a și 306 b	305 și 306
395	8 de jos	I	L