

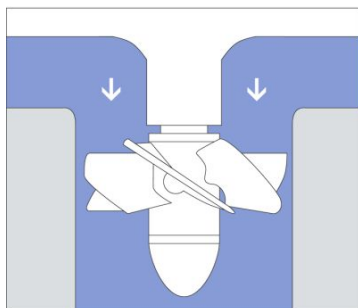
26 Elektrotehnika

Elektrifikacija – Dinamostroji – Daljnovodi – Lokalna omrežja – Akumulatorji – Grelci in žarnice – Elektromotorji – Iskrlniki – Telegraf – Telefon

26.1 Elektrifikacija

Njen temelj Z odkritjem indukcije napetosti se človeštvu odprejo vrata za širokopotezno proizvodnjo, prenos in uporabo električne energije. Nastopi doba elektrifikacije. V času ene generacije se življenje spremeni bolj kot v vsem dotedanjem času.

Temelj elektrifikacije predstavljajo indukcijski električni generatorji (dinamostroji), transformatorji in daljnovodi, kakor jih – v osnovni obliki – že poznamo [25.8]. Generatorje vrtijo vetrnice, vodne turbine, parne turbine in naftni batni motorji.



Slika 26.1 Vijačna vodna turbina. Skozi poševno nagnjene lopatice pada voda in jih vrti okoli navpične osi. Os turbine je hkrati os električnega generatorja. (Verband der Elektrotechnik, Frankfurt)

Osnovni prototip generatorja [25.8], kjer se vrti tuljava (*rotor*) med poloma stalnega magneta (*stator*), napetost pa se odvzema preko dveh ščetk v stiku z osjo vrtenja, izboljšamo v več smereh.

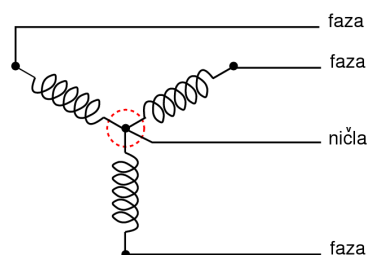
26.2 Dinamostroji

Elektromagnetni stator V enosmernem dinamostroju so šibka točka stalni magneti v statorju, ki sčasoma slabijo. Nadomestimo jih z elektromagneti. Ti potrebujejo majhen istosmerni tok, ki ga črpamo kar s ščetk. S spreminjanjem tega magnetilnega toka (z drsnim upornikom) zlahka uravnavamo amplitudo inducirane napetosti.

Tudi v izmeničnem dinamostroju nadomestimo stalne magnete v statorju z elektromagneti. Tok, ki ga potrebujejo, pa daje pomožni istosmerni dinamostroj na isti vrtilni osi.

Induktivni stator Za indukcijo napetosti je pomembno le relativno gibanje vodnika in magneta. Namesto da vrtimo induktivni rotor znotraj elektromagnetnega statorja, lahko zato vrtimo elektromagnetni rotor znotraj induktivnega statorja. To pomeni, da rotorsko tuljavo napajamo preko ščetk z istosmernim tokom, napetost pa odvezujemo s statorske tuljave. Potrebni magnetilni tok spet dobimo od pomožnega istosmernega dinamostroja na isti vrtilni osi. Takšen dinamostroj je primeren za velike moči, saj izhodni tok ne teče skozi ščetke.

V stator lahko namestimo več enakih induktivnih tuljav, recimo tri, ki so med seboj razmaknjene za 120° . Elektromagnetni rotor v njih inducira tri izmenične napetosti, ki so med seboj fazno premaknjene za tretjino nihaja. Če po en konec vsake tuljave zvežemo v skupni priključek, se v njem tri napetosti v vsakem trenutku seštejejo v skupno napetost glede na zemljo. Kakšna je ta napetost? Seštejemo $\sin \omega t$, $\sin(\omega t + 120^\circ)$ in $\sin(\omega t - 120^\circ)$, pri čemer uporabimo izrek o sinusu vsote (15.15), in dobimo vrednost nič! Rečemo, da je to *ničelni priključek* generatorja. V preostalih treh *faznih priključkih* pa seveda vladajo izmenične napetosti. To je *trifazni dinamo stroj* (TESLA). Zakaj je dober, bo razvidno v nadaljevanju.



Slika 26.2 Trifazni generator. Stator je sestavljen iz treh enakih tuljav. Po en priključek vsake tuljave je združen v skupni priključek. Napetost na njem je enaka nič.

Moči, napetosti in frekvence, ki jih nudijo generatorji, so silno raznovrstne. Največji dinamo stroji so v hidro- in termoelektrarnah; so trifazni in dajejo tok s frekvenco 50 Hz. Preko priključenih transformatorjev so po vodnikih sposobni pošiljati – pri izbranih napetostih – moči preko 100 MW.

26.3 Daljnovodi

Iz elektrarn so speljane žice, *daljnovodi*, do odzemnih postaj, na katere so priključeni posamezni porabniki. Upor daljnovoda med elektrarno in odzemno postajo je R . Porabniki hočejo črpati moč P . To pomeni, da bo tekel po daljnovodu tok $I = P/U$, pri čemer je U napetost na odzemni postaji. Ta tok bo v daljnovodu trošil moč $P_{\text{loss}} = I^2 R = (P^2/U^2)R$. Pri prenosu moči P uporabnikom bodo očitno izgube tem manjše, čim višja bo napetost med prenosnima vodnikoma.

Razmišljamo lahko tudi takole. Skozi vsak mm^2 bakrenega daljnovoda teče tipično tok 1 A; bistveno močnejši tokovi preveč segrevajo vodnik. Na razdalji l vzdolž vodnika znaša padec napetosti $U = RI = \xi l I/S$, torej ~ 20 V na kilometer. Takšen padec napetosti je neodvisen od napetosti na izhodu iz generatorja. Če je ta 20 V, na primer, bo po enem kilometru padla na nič. To pomeni 100 % zmanjšanje napetosti. Pri generatorjevi napetosti 200 V je padec napetosti še vedno 20 V, a zmanjšanje je zdaj le 10 %. Očitno je, da generator z napetostjo 200 V lahko zadovoljivo napaja uporabnike le do razdalje 1 km, če ti tolerirajo do 10-odstotne spremembe gonilne napetosti.

Prenosna napetost Napetosti na izhodu iz generatorjev ne presegajo 1000 V, ker pride sicer do iskrenja. S takšno napetostjo pa so prenosne izgube nesprejemljive že pri kratkih razdaljah nekaj kilometrov. Napetost je torej treba krepko zvišati. To je otroška igra, če je tok izmeničen, saj lahko uporabimo transformatorje, in nočna mora, če je tok enakomeren. Zaradi tega po daljnovodih pošiljamo izmenični in ne enosmerni tok. Visoka napetost pa je za uporabo smrtno nevarna, zato jo v odzemnih postajah primerno znižamo. Pri prenosu na dolge razdalje – nekaj sto kilometrov – so uporabljene napetosti preko 100 kV. Na odzemnih postajah pa so na voljo učinkovite napetosti 220 V.



Slika 26.3 Daljnovodi. Žice so pod visoko izmenično napetostjo. Po njih se pretakajo izmenični tokovi. Daljnovodi prenašajo električno energijo od generatorjev do oddaljenih potrošnikov. (Anon)

Trifazni prenos Za prenos izmeničnega toka sta potrebni dve daljnovodni žici. Trije tokovi bi torej potrebovali šest žic. Če pa so enakomerno fazno zamaknjeni, so potrebne le štiri žice: tri fazne in ena ničelna. Tokovi, ki iz faznih vodnikov preko porabnikov tečejo v ničelni vodnik, se – če so le enako veliki – medsebojno izničijo. Zato jih lahko vodimo nazaj po skupni žici, kar je precej ceneje. To je tudi pomemben razlog, da po daljnovodih pošiljamo trifazni in ne enofazni tok.

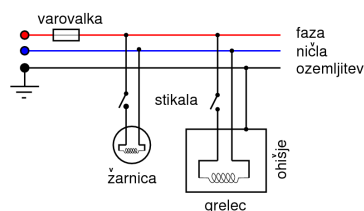
26.4 Lokalna omrežja

Na odzemne postaje so priključeni končni uporabniki, recimo tovarne ali stanovanjske hiše. Do tovarn so napeljani trifazni priključki, do stanovanjskih hiš pa večinoma enofazni. Od glavnega priključka naprej je po hiši razporedeno lokalno omrežje s priključki za razne naprave – grelce za toplo vodo, na primer – in s stikali za prepuščanje toka skozi nje.

Previdnost Napetost 220 V na fazni žici je lahko smrtno nevarna, če se je dotaknemo z roko, medtem ko stojimo na vlažnih tleh. Skozi naše telo namreč požene dovolj velik izmenični tok, da paralizira srčno mišico. Okrutni poskusi na živalih kažejo, da je dovolj že tok 0,05 A. Tudi dotik ničelne žice je lahko nevaren, ker ni zagotovito, da med njo in zemljo ni napetosti.

Ozemljitev Da se izognemo navarnosti, moramo električne naprave povezati z zemljo, to je, *ozemljiti*. Če se v njih kakšna žica po nesreči le dotika ohišja, teče tok z njega zlahka v zemljo. Med ohišjem in zemljo tedaj ni napetosti. Ko ohišje primemo, tok ne steče skozi nas.

Standardni način ozemljitve je naslednji. Priključna vtičnica ima tri odprtine, povezane s fazno, ničelno in ozemljitveno žico. Slednja je dobro ozemljena. Priključni kabel naprave pa ima vtikač s tremi vtiči, od katerih je eden, ozemljitveni, povezan z ohišjem.



Slika 26.4 Električno omrežje v hiši.

Hrbtenico tvorijo trije vodniki: fazni, ničelni in ozemljitveni. Nanje so priključeni razni porabniki. Glavna varovalka skrbi, da skupni tok ne more preveč zrasti.

Varovalke Kadar nastane kratek stik na napeljavi, steče po žicah tako močan tok, da jih lahko celo stali in zaneti požar. To preprečuje glavna *varovalka*, nameščena tik za glavnim hišnim priključkom. Najpreprostejša varovalka je kar tanka žička. Če skozi njo steče prevelik tok, žička pregori in ga s tem prekine. Seveda imajo tudi posamezne veje omrežja svoje podvarovalke. Tipična glavna varovalka za stanovanjsko hišo prenese tok do 15 A.

26.5 Akumulatorji

Kadar generatorji ne delajo ali pa priključki do njih niso dostopni, smo v težavah. Za te primere bi bilo imenitno imeti skladišče elektrike, ki bi ga polnili v dobrih časih in praznili v hudih. Tako odkrijemo, s precej truda, *svinčeni akumulator*.

Svinčeni akumulator Svinčeni akumulator je baterija električnih členov s po dvema svinčenima elektrodama v razredčeni žvepleni kislini, od katerih je ena prevlečena s svinčevim dioksidom. Reakcije, ki v členu potekajo pri praznjenju in polnjenju, so si nasprotne. Pri praznjenju postajata obe elektrodi enaki: vsaka ima na svinčenem jedru plast svinčevega sulfata. Žveplena kislina se močno razredči. Pri polnjenju se elektrodi in elektrolit vrnejo v začetno stanje. Podrobneje zapisano: $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$. Koliko je akumulator nabit, se da ugotoviti kar iz koncentracije elektrolita.

Akumulator polnimo z generatorjem enosmernega toka in ga praznimo skozi vse vrste porabnikov. Posamezen člen ima napetost 2 V, njihove baterije pa, standardno, po 6, 12, 24 in 48 V. Kapaciteta baterije je odvisna od njene velikosti. Tipično znaša 5 Ah na kilogram.

26.6 Grelci in žarnice

Grelec Toploto, ki se sprošča pri prehodu toka skozi vodnik, izkoriščamo za segrevanje. Primerna sta tako enosmerni kot izmenični tok. Z *grelci* grejemo zrak v stanovanjih in vodo v bojlerjih. Hrano kuhamo na *kuhalnikih*, štedilnikih in v pečicah. Tipičen kuhalnik, priključen na 220 V, oddaja moč 1 kW, torej po njem teče tok

4,5 A. Grelci so večinoma opremljeni z bimetalnimi termometri, ki ob previsoki temperaturi izključijo tok in ga ob prenizki spet vključijo; tako skrbijo, da je temperatura stalna. Rečemo, da so to *termostati*.



Slika 26.5 Preprost kuhalnik. Tok teče po spiralni zviti žici in jo segreva do rdečega žara. (Anon)

Žarnica Močno segrevane žičke zažarijo. To izkoristimo za razsvetljavo. Tanko žičko iz volframa, ki ima visoko tališče, zapremo v stekleno bučko, iz katere izsesamo zrak. To je *žarnica* (EDISON). Brezzračni prostor je potreben zato, ker se sicer pri visokih temperaturah kisik spaja z volframom in žička v hipu pregori. Druga možnost je, da bučko napolnimo samo z dušikom. Z žarnicami osvetljujemo sobe in ulice. Noč spremenimo v dan. Tipična sobna žarnica, priključena na 220 V, oddaja moč 100 W, torej po njej teče tok 0,5 A. Takšna žarnica osvetljuje okolico približno tako kot 100 sveč. Njena življenjska doba znaša okrog 1000 ur. Za žarnice je dober tako enosmerni kot izmenični tok. Slednji pa mora imeti dovolj visoko frekvenco nihanja, da oko ne zazna utripanja svetlobe. Primerna izbira je 50 Hz.



Slika 26.6 Prva uporabna žarnica na žarilno nitko iz oglja, ki jo je sestavil T. Edison. (Science Museum, London)

26.7 Elektromotorji

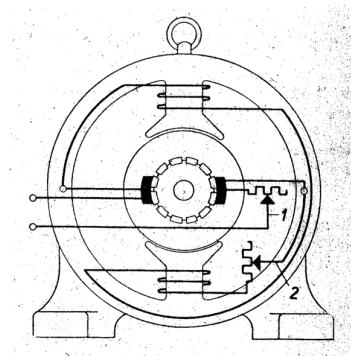
Magnetne sile tokov izkoriščamo v *elektromotorjih* za vrtenje pogonskih gredi. Elektromotor je v osnovi obratno delujoč dinamostroj. Kakor obstajajo tri glavne vrste dinamostrojev – istosmerni, izmenični in trifazni – imamo tudi tri vrste elektromotorjev.

Enosmerni motor Enosmerni motor je povsem enak enosmernemu generatorju. Ko ga vključimo, steče skozi navoje statorja in rotorja – ki imajo nizko upornost – močan tok. Magnetna sila na rotor je zato velika in motor močno "zagrabi". Vrtenje postaja čedalje hitrejše in v

navojih se inducira čedalje večja nasprotna napetost. Začetni tok se zato zmanjša in vrtenje se ustali. Tedaj je navor med obračanjem konstanten.

Pri zagonu močnih motorjev je treba paziti, da skozi ne steče prevelik tok, ki bi ga neprijetno začutile vse okolišnje žarnice. Zato zaganjamo motor postopno preko drsnega predupora. Če v vzbujevalno statorsko navitje vključimo še en spremenljivi upor, lahko z njim določamo magnetno polje, v katerem se vrti rotor, in s tem uravnavamo hitrost vrtenja.

Enosmerni motor ima torej močan začetni navor; na povečanje obremenitve odgovarja s povečanim navorom in obratno; med obračanjem pri stalni obremenitvi je navor konstanten; in hitrost vrtenja lahko nastavljamo: rečemo lahko, da je motor odličen delavec. Njegova šibka točka je le komutator in tamkajšnje trenje ščetk ter preskoki isker.



Slika 26.7 Enosmerni motor. Tok doteka preko ščetk in kolektorja v rotor, hkrati pa tudi v stator. Vrtenje uravnava zagonski predupor (1) in magnetni regulator (2). (Vidmar, 1952)

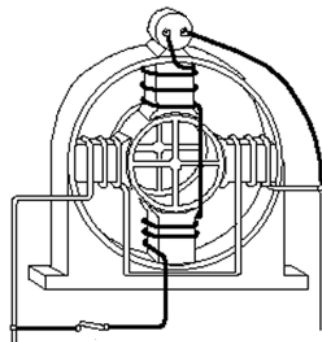
Izmenični motor

Nazoren primer izmeničnega motorja je valjast rotor, ki ima na obodu štiri magnetne pole, in ki ga vrti izmenično magnetno polje med dvema tuljavama, po katerih teče izmenični tok. Rotor se vrti s frekvenco, ki jo določata frekvenca toka in število polov; pri štirih polih je vrtilna frekvenca enaka polovici nihajne.

Uporaba stalnih magnetov za rotor ni ravno praktična. Drzna je naslednja misel: če bi bil valjasti rotor iz bakra, bi se pri vrtenju inducirali v njem tokovi, ti pa so vedno obdani z magnetnimi plašči. Morda bi primerno oblikovan rotor na ta način postal magnetno uporaben? Razmišljanja in poskusi pokažejo, da je to res: učinkovit rotor ima obliko ptičje kletke. To je valj, katerega obroča sta povezana s palicami. Po palicah tečejo tokovi ter tako ustvarjajo robne magnetne pole. Da se inducirajo "uravnovešeni" tokovi, se mora palični rotor vrteti nekaj počasneje kot tisti s permanentnimi magneti.

Izmenični motor potrebuje tudi poseben zagon. Za to služi sekundarna statorska tuljava, postavljena pravokotno na primarno in z njo vzporedno zvezana. V sekundarni krog je vključen še kondenzator, ki povzroči, da je tok v sekundarni tuljavi fazno zamaknjen za tokom v primarni tuljavi. Tako med

tuljavami nastane vrteče se magnetno polje, ki za sabo povleče rotor. Ko stroj doseže primerno število obratov, je treba zagonski krog izključiti s centrifugalnim stikalom ali z relejem.

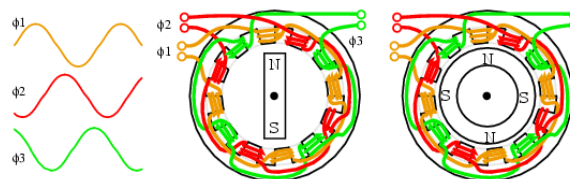


Slika 26.8 Izmenični motor z indukcijskim rotorjem. Za zagon poskrbita posebna tuljava in kondenzator (črna žica). Rotor im obliko ptičje kletke. Pri vrtenju se v njem inducirajo tokovi. Nanje deluje magnetna sila in vzdržuje vrtenje. (Anon)

Navor izmeničnega motorja se med vrtenjem spreminja, kar ni preveč ugodno. Prav tako je njegova frekvenca vrtljajev – z majhnim zmanjšanjem – priključena na frekvenco izmeničnega toka. Zato lahko rečemo, da je slabši delavec od enosmernega motorja. Ima pa pred njim veliko prednost: deluje na izmenični tok, ta pa je na voljo povsod, kamor le sežejo električna omrežja.

Trifazni motor

Še lepše kot med poloma dveh tuljav z izmeničnim tokom se magnetni rotor vrti med poli treh tuljav, nameščenih pod kotom 120° in napajanih s trifaznim tokom. Očitno te tuljave ustvarjajo vrteče se magnetno polje. Število statorskih tuljav lahko celo podvojimo ali še bolj pomnožimo. Če namesto magnetnega rotorja vstavimo ptičjo kletko, nastane indukcijski trifazni motor (TESLA). Njegov navor je konstanten in njegova frekvenca je – z rahlim zmanjšanjem – vezana na frekvenco toka ter število polov tuljav. Takšen motor je preprost, da bolj ne more biti, in nima nikakršnih kolektorjev. To je drugi razlog, da je trifazni tok tako praktičen.



Slika 26.9 Trifazni motor s štirimi poli za vsako fazo. Magnetno polje fazno zamaknjenih tokov se vrti in za sabo vleče magnetni rotor. Namesto slednjega je mnogo boljša ptičja kletka, v katerih se inducirajo tokovi. (AAC – All About Circuits)

Uporaba motorjev

Elektromotorje uporabljamo povsod tam, kjer bi sicer uporabljali batne naftne motorje: za pogon strojev v tovarnah, za črpalke, dvigala, lokomotive in podobno. Za pogon avtomobilov niso preveč primerni, saj morajo ti s sabo voziti velike akumulatorje. So pa nepogrešljivi za pogon podmornic, kadar te plujejo pod vodo, saj pri tem ne smejo porabljati kisika iz zraka, kakor to pač počnejo naftni motorji.

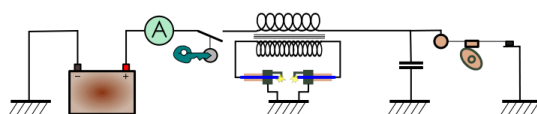
Z enosmernim elektromotorjem, priključenim na poln akumulator, poženemo tudi mirujoče naftne motorje. Ko pa motor že deluje, preko istega elektromotorja, sedaj delujočega kot dinamostoj, spet napolnimo akumulator. Tako se vedejo podmornice, ko plujejo po površini.

26.8 Iskrilniki

Plinsko olje v batnih motorjih se vžge, ko ga v pravem trenutku vbrizgamo v močno stisnjen in segret zrak. Za to je potrebna posebna tlačilna šoba. Druga možnost je, da zrak stiskamo skupaj s hitro vnetljivim gorivom, recimo alkoholom ali bencinom [11.6], in ga v pravem trenutku vžigamo z električno iskro. Namesto tlačilke je potrebna naprava za delanje isker. Očitno je to nekaj, kar elektrika pač zmore.

Električni vžig

Za iskre je potrebna visoka napetost in takšno dajejo visokonapetostni transformatorji. Na železni palici je navita primarna tuljava z malo navoji in povrh nje sekundarna tuljava z mnogo navoji. Če teče po primarni tuljavi enakomerni tok, njeno magnetno polje prežema tudi nesklenjeno sekundarno tuljavo. Ko s stikalom prekinemo primarni tok, se v primarni in sekundarni tuljavi inducirata ustrezni napetosti; slednja je dovolj velika, da požene iskro med priključkoma, če sta le dovolj skupaj. Vse skupaj imenujemo *indukcijski iskrilnik*.



Slika 26.10 Iskrilnik za bencinski motor. Akumulator poganja tok skozi primarno tuljavo z malo ovoji. Ko vrtilna gred motorja prekine tok, se v sekundarni tuljavi z mnogo ovoji inducira visoka napetost, ki povzroči preskok iskre v svečicah. (Anon)

Bencinski motor

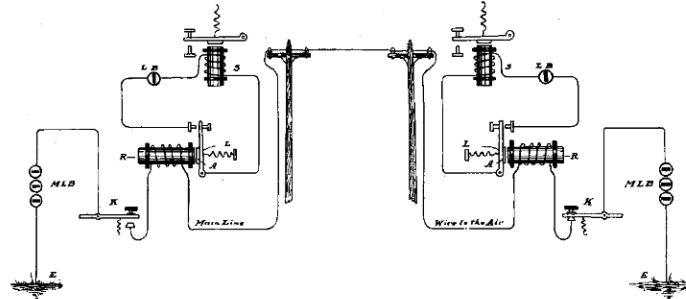
Indukcijski iskrilnik poganja in krmili kar motor sam. Enakomerni tok dobavlja z motorjevo gredjo gnan dinamostroj ali akumulator, stikalo pa prekinja poseben izrastek na gredi. Najpreprostejši je tak izrastek, ki povzroči iskro vsakokrat, ko je bat v najvišji legi. Prvič zažge gorivo, drugič pa ne naredi ničesar na že izgorelih plinih. Rečemo, da je to batni motor z električnim vžigom, da ga razlikujemo od onega, dosedanjega, s kompresijskim vžigom. Zaradi kratkosti pa bomo pa zanaprej raje govorili kar o naftnem in *bencinskem motorju* (OTTO). Ker je bencinski motor lahek in močen, je kot naročen za pogon avtomobilov in letal. Seveda s tem še bolj vzpodbudi naftno industrijo.

26.9 Telegraf

Stikalo in rele

Tuljave z železnim jedrom postanejo ali prenehajo biti magnetne "na ukaz" – z vključitvijo ali izključitvijo toka skozi. Dvojica stikalo-elektromagnet je zato primerna za prenos sporočil, saj sta

obe sestavini lahko daleč narazen. Ko človek vključi *stikalo*, oddaljeni elektromagnet, *rele*, pritegne k sebi železen vzvod, in ko ga izključi, se vzvod vrne v začetno lego zaradi priključene vzmeti. Človek pri elektromagnetu torej sprejema, kar pošilja človek pri stikalu. Hitrost prenosa se zdi hipna.



Slika 26.11 Telegraf. Pritisk na tipko sklene električni krog in premakne lokalni in oddaljeni rele. (Dodge, 1921)

Telegrafsko omrežje

Za praktično uporabo se je treba le dogovoriti, kako pošiljati črke. Takole: vsaka črka abecede naj bo predstavljena z zaporedjem kratkih in dolgih signalov, recimo A kot dvojica "kratek" in "dolgi". Prvi človek to odtipka, vzvod, opremljen s pisalom, pa zabeleži na tekoči papirni trak. To je enosmerni *telegraf* (MORSE). Za dvosmerno sporočanje mora seveda vsaka *telegrafska postaja* imeti oddajnik (stikalo) in sprejemnik (elektromagnet). Postaje so med seboj povezane le z eno žico in uporabljajo namesto druge kar zemljo. Za tok skrbijo baterije. Dobre postaje pošiljajo sporočila do nekaj sto kilometrov daleč. Za večje razdalje so potrebne vmesne postaje s stikali in baterijami.

26.10 Telefon

Potovanje telegrafskih impulzov po žici je pravzaprav spremenljiv tok, katerega spremembe nosijo informacijo. Namesto da tok spreminjamo s pritiskom prsta na tipko, bi ga lahko tudi kako drugače. Morda se da na tok vplivati tudi s pritiskom zvočnih valov na kakšno primerno napravo, skozi katero teče? Potem bi po žici lahko pošiljali zakodiran govor!

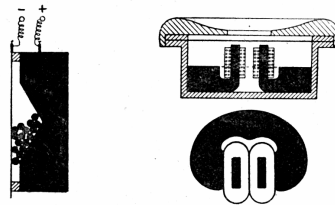
Mikrofon in slušalka

Razmišljanje in poskušanje pripeljeta do naslednje rešitve. Plitev valj iz izolatorja zapremo na vsaki strani s kovinskima opnama; ena je tanka in gibljiva, druga pa debela in toga. Med opne nasujemo drobne ogljene kroglice. Če sedaj povežemo opni s poloma baterije, bo skozi ogleno plast stekel tok. Njegova jakost bo odvisna od upora. Ko govorimo, zvočni valovi premikajo opno, ta bolj ali manj stiska kroglice med seboj, spreminja upor in oblikuje tok. To je ogleni *mikrofon*.

Na drugem koncu žic je potrebna pretvorba spremenljivega toka nazaj v zvočne valove. To opravi elektromagnet, ki verno premika primerno kovinsko opno – električna *slušalka*.

Telefonsko omrežje

Za dvostransko sporočanje mora vsak uporabnik imeti mikrofona in slušalko – *telefonski aparat* (BELL). Aparata bi bila sicer lahko povezana le z eno žico in tlemi, tako kot pri telegrafu, vendar bi se tedaj v njuni (široko razprti) zanki inducirali moteči tokovi zaradi spremenljivih magnetnih polj v okolici. Zato aparata raje povežemo z dvema zvitima žicama. Telefona začneta delovati, ko eden od uporabnikov s stikalom vključi pogonsko baterijo.



Slika 26.12 Ogleni mikrofona in elektromagnetna slušalka, glavna sestavna dela telefona. (Kuhelj, 1960)

V praksi je množica uporabnikov vezana na *telefonsko centralo*. Tam je tudi skupna baterija. Uporabnik, ki želi telefonirati, pokliče centralo, tamkajšnji uslužbenec pa ga poveže z željenim naslovnikom. Namesto človeka lahko to delo opravlja primeren preklonni avtomat.

Telefonska baterija ima standardno napetost 48 V, kar omogoča prenose do nekaj sto kilometrov. Če je razdalja daljša, so potrebne vmesne ojačevalne postaje. Tam se vhodni žični par s šibkim signalom zaključi v slušalko. Nasproti ji stoji mikrofona z izhodnim žičnim parom, priključenim na svežo baterijo. Opni slušalke in mikrofona sta mehanično povezani. Ojačanje je preprosto in učinkovito. □