

Kurs
för
vagnelektriker

Brev 3

13. Ackumulatorbatterier

Elektrisk energi kan magasineras genom att man förvandlar den till kemisk energi. Det finnes en hel del kemiska föreningar, vilka bildas genom den elektriska strömmens inverkan. En del sådana föreningar kunna under någon tid förbli beständiga, och deras sönderfallande kan äga rum när så önskas. Härvid får man tillbaka den ursprungliga elektriska energien, men avsevärt förminskad på grund av de vid varje sådan förvandlingsprocess oundvikliga förlusterna.

Apparater, vilka på detta sätt upptaga elektrisk energi och magasinera den som kemisk för att sedan vid behov återlämna den som elektrisk, kallar man ackumulatorer. Dessa förekomma i två huvudtyper blyackumulatorer och nickeljärnackumulatorer.

En blyackumulator består av ett antal preparerade, från varandra isolerade blyplattor, vilka hänga ned i ett med utspädd svavelsyra fyllt kärl av ebonit. Blyackumulatorer ha vissa fördelar, lågt inre motstånd, relativt god verkningsgrad och lågt pris, varför de allmänt användas som startbatterier på bilar och för vissa stationära ändamål. På en del utländska vagnar användes även blyackumulatorer för belysningen.

Blyackumulatorer ha emellertid vissa nackdelar, som göra dem mindre lämpliga för järnvägsfordon. De ha dålig mekanisk hållfasthet och tåla icke överladdning eller för långt driven urladdning. De ha även stor självurladdning och taga skada av att stå urladdade under någon längre tid. Dessa nackdelar ha gjort, att på de svenska järnvägsvagnarna användes uteslutande nickel-järnackumulatorer eller som de vanligen kallas Nife-ackumulatorer.

Namnet Nife är en sammansättning av de kemiska beteckningarna för nickel, Ni, och järn, Fe, vilka metaller och deras föreningar ursprungligen utgjorde de aktiva beståndsdelarna i Nife-ackumulatören. Senare har kadmium tillkommit och ingår tillsammans med järn i de negativa plattorna.

Nife-ackumulatorns konstruktion

Se även bifogade bild av en Nife-cell i genomskärning.

Det kemiskt verksamma materialet i de positiva elektrodplattorna utgöres hos Nife-ackumulatören av nickelföreningar, som blandats med andra ämnen för att ge ökad ledningsförmåga. Blandningen av dessa nickelföreningar och tillsatssämnen benämnes positiv aktiv massa. Denna massa formas under tillverkningsprocessen till briketter, vilka automatiskt införs mellan två perforerade och förnicklade band av järn. Dessa tuber, som innesluta den aktiva massan, tillverkas i längder, som sedan avklippas i lämpliga storlekar till "fickor". Fickorna hopfalsas i en järnram till en platta. Den kompletta elektrodplattan genomgår sedan olika mekaniska behandlingar, varigenom fullständig kontakt mellan den aktiva massan och de förnicklade järnbanden erhålles. Samtidigt förses plattan med rännor avsedda för de isoleringsstavar, som skall inläggas mellan plattorna.

Den aktiva massan i de negativa elektrodplattorna består huvudsakligen av järn- och kadmiumföreningar, behandlade på speciellt sätt. Ur mekanisk synpunkt äro de negativa plattorna konstruerade på samma sätt som de positiva.

De positiva och de negativa plattorna äro isolerade från varandra med ebonitstavar och utgöra tillsammans ett elektrodkomplex. De plattor, som ha samma polaritet, äro uppträdda på en gemensam bult, samlingsbulten, som är trädd genom överdelen, fanan, på varje platta. Plattorna hållas på lika stora avstånd från varandra genom på samlingsbulten uppträdda distansringar. Ytterst ligga på båda sidor positiva plattor i direkt förbindelse med cellkärlet, som härigenom blir positiv pol. Ledande föremål få därför icke placeras ovanpå cellerna. Det är även viktigt att tillse, att verktyg, muttrar eller andra föremål icke tappas eller falla ned mellan cellerna, då kortslutning mellan cellerna därigenom lätt åstadkommes.

Från samlingsbultarna utgå polbultarna.

Cellkärlet är av järnplåt med svetsade fogar. I cell-locket finnes en öppning för ifyllning av elektrolyt, och genom vilken de vid laddning bildade gaserna kunna få utlopp. Öppningen är sluten av en ventil och ett ventillock, vilka dock icke hindra gasernas utlopp.

Polbultarna äro isolerade från cellocket med ebonitkragar, mellan vilka en gummipackning är inlagd. Den positiva polbulten skulle icke behöva isoleras från cellkärlet, då detta, som förut nämnts även är positiv pol. Ur tillverkningssynpunkt är det emellertid lämpligt att båda polbultarna fastsättas lika.

Polbultarnas övre del är konisk för att kontakten med kabelskorna skall bli god.

Nife-ackumulatorns elektrolyt utgöres av en lösning i destillerat vatten av huvudsakligast kaliumhydroxid med mindre mängder andra kemikalier. Specifika vikten skall normalt vara 1,17, men en variation från 1,16 till 1,19 tillåtes.

Nife-celler monteras i batterilådor av trä. Cellerna upphängas fritt i tappar, som med ebonithylsor isoleras från batterilådornas väggar. För belysningen i vagnar användes batterilådor dels med 6 och dels med 4 celler i varje. För vissa vagnar förekommer även lådor med 20 mindre celler monterad i två rader i samma låda.

Nifecellens elektriska storheter

Laddningsspänningen för en tågbelysningscell, vid laddning med normal konstant ström, framgår av bifogade kurvblad. Spänningen stiger relativt snabbt från 1,36 V till ca 1,42 V och förblir sedan tämligen konstant, tills gasningen i cellen börjar, då spänningen stiger ytterligare till ca 1,78 V.

På vagnar sker emellertid laddningen icke med konstant ström utan med konstant spänning. Laddningsströmmen följer därvid en kurva, som är spegelbilden av cellspänningens kurva vid laddning med konstant ström. I början erhålles en hög strömspets, som relativt snabbt sjunker till ett lägre värde, vilket sedan förblir tämligen konstant, tills gasningen börjar, då strömmen sjunker ytterligare.

En fulladdad Nife-cells vilospänning antager 10 à 15 timmar efter avslutad laddning ett stabilt värde av 1,36 V.

Medelurladdningsspänningen för en Nife-cell är 1,2 V, och en normal tåg-belysningscell anses urladdad, då cellspänningen nedgått till 1,1 V. Spänningen på en tåg-belysningscell under urladdning med normal ström framgår av bifogade kurvblad.

Spänningsmätningar måste alltid göras under det att batteriet urladdas med normal ström, emedan även ett urladdat batteri visar hög spänning då det är obelastat, eller då urladdningsströmmen är låg.

Med en ackumulators kapacitet menar man den elektricitetsmängd mätt i amperetimmar (Ah), som kan urladdas, innan cellspänningen nedgår under ett visst bestämt värde, för tåg-belysningsceller 1,1 V. Den normala tåg-belysningscellen har en kapacitet av 100 Ah vid urladdning med 12,5 ampere under 8 timmar och vid en begynnelsestemperatur i cellen av + 20° C.

Vid urladdning med hög ström på kort tid eller då celltemperaturen är låg vintertid, kan full kapacitet icke uttagas.

Ett antal ackumulatorceller, som äro sammankopplade, kallas ett ackumulatorbatteri eller enbart batteri sammansatt med något ord som anger vartill batteriet användes exempelvis startbatteri, tåg-belysningsbatteri o s v.

Tåg-belysningsbatterierna bestå av en eller flera grupper seriekopplade celler. Vid seriekoppling av celler blir den totala spänningen lika med summan av antalet cellspänningar. För att erhålla en spänning av 24 volt vid urladdning består varje grupp därför av 20 stycken seriekopplade celler. ($20 \times 1,2 = 24$).

I vagnar med ett mindre antal lampor, samt i vagnar med belysningsssystem som äro anordnade, så att batteriet sällan behöver utnyttjas, exempelvis vid omformarebelysning och likriktarebelysning, användes endast en grupp. Ett sådant batteri har en kapacitet av 100 Ah.

I flertalet vagnar med hjulaxeldriven generator äro två grupper parallellkopplade. Härigenom ökas kapaciteten till den dubbla, d v s 200 Ah, medan spänningen blir lika som för en grupp således 24 volt.

I vissa större vagnar äro tre eller fyra grupper kopplade parallellt. Kapaciteten blir då 300 resp 400 Ah.

Batterikapaciteten bestämmes i regel av vagnens totala lampström. Enligt gällande bestämmelser skall nämligen batteriet kunna avge full lampström under 5 timmar. Den vanligast förekommande batterikapaciteten, 200 Ah, räcker därför för en belysningsström av högst 40 ampere. ($40 \times 5 = 200$).

Beträffande serie- och parallellkoppling av celler se även bifogade bildblad 3:1 fig 1-3.

Självurladdningen är synnerligen obetydlig i normala Nife-celler. Under loppet av 6 månader uppgår den icke till mer än ca 15 % av garanterade kapaciteten.

Som förut nämnts, kan man vid urladdning icke få tillbaka all den elektriska energi, som inladdats, utan en stor del går förlorad. Ett Nife-batteri bör laddas med 1,5 gånger så många amperetimmar, som skall uttagas. För att kunna uttaga 100 Ah ur ett tågbelysningsbatteri, måste detta därför förut ha laddats med 150 Ah. Amperetimmeverkningsgraden blir härigenom 67 %.

Inre motståndet i ett tågbelysningsbatteri bestående av 20 seriekopplade celler å 100 Ah uppgår till 0,048 ohm. I ett batteri på 200 Ah blir inre motståndet 0,024 ohm, enl den lag som gäller för parallellkoppling av motstånd.

Batterikapaciteten är icke konstant utan avtar med antalet urladdningar. I regel kan ett batteri ge 2000 - 2500 fullständiga urladdningar, under förutsättning att det är rätt skött. Då kapaciteten nedgått under 85 % av den nominella repareras cellerna genom utbyte av elektroderna. För Nife-celler i tågbelysningsbatterier är livslängden ca elva år.

Batterier i drift

Då batterier äro i drift, sjunker så småningom elektrolythöjden. Under den sista hälften av laddningstiden sönderdelas nämligen en del av elektrolytens vatten i väte och syre. Vattenförbrukningen per cell under drift beror huvudsakligen på driftens intensitet men även på temperaturen och fuktigheten i luften. Destillerat vatten skall därför påfyllas regelbundet. Hur ofta påfyllning behöver ske är beroende på olika omständigheter och bör därför utprovas. Elektrolyten får icke sjunka under elektrodernas överkant mellan påfyllningarna. Den normala elektrolythöjden över elektrodernas överkant är olika för olika celltyper:

För normala tågbelysningsceller, 100 Ah,	155 mm
För celler typ KD 15, 150 Ah,	30 mm
För lokbelysningsceller, 45 Ah,	40 mm

Destillerat vatten skall påfyllas, så att elektrolythöjden når upp till dessa värden men icke högre. Vid för hög elektrolytnivå "kokar cellerna över" vid laddning, vilket skadar celllådorna och orsakar saltavlagringar på cellernas översida.

Vid påfyllning av destillerat vatten är det synnerligen viktigt att endast rena verktyg såsom trättar och dylikt användas. Verktyg, som använts för blybatterier, få under inga omständigheter användas för Nife-batterier. Svavelsyra förstör cellerna fullständigt.

Under inverkan av luftens kolsyra övergår en del av kaliumhydratet så småningom till kaliumkarbonat. Detta sker snabbare ju högre elektrolyttemperaturen är, och elektrolyten uppvärms både vid laddning och urladdning. När 15 % av kaliumhydratet omvandlats till kaliumkarbonat bör luten bytas. Genom karboniseringen ökas cellernas inre motstånd, vilket i praktiken visar sig som en minskning av kapaciteten. Med anledning härav revideras tågbelysningsbatterierna med 1,5-2 års mellanrum. Vid revisionen sköljas cellerna, ny elektrolyt påfylls, och cellerna kontrollprovas.

Vid laddning av Nifeceller bildas knallgas, som är mycket explosiv. Antändes gasen genom ovarsamhet med eld eller genom en elektrisk gnista orsakad av en glappkontakt, kan mycket allvarliga skador och olycksfall uppstå. Batterilådornas lock skola vara öppna och utrymmen, där batterier äro uppställda skola vara mycket väl ventilerade under stationär laddning.

Elektrolyten är frätande, varför 2 å 3 procentig borsäurelösning alltid bör finnas tillgänglig att användas, om elektrolyt skulle råka komma på hud eller kläder.

Strömmens magnetiska verkningar

14. Magnetismens natur

Införes en stav av järn i en strömgenomfluten spole, blir staven magnetisk. Den förmår bland annat draga till sig mindre föremål av järn, som placeras i dess närhet.

Om staven består av mjukt smidesjärn, försvinna de magnetiska egenskaperna nästan helt, då spolen avlägsnas, eller då strömmen genom densamma brytes. En magnet, vars magnetiska egenskaper äro beroende av en elektrisk ström, kallas en elektromagnet.

Är däremot staven utförd av härdat stål, kvarstannar magnetismen till största delen, även sedan inverkan av strömmen upphört. En sådan magnet säges vara permanent.

Den magnetism, som kvarstannar hos staven, sedan inverkan av strömmen upphört, och vilken hos det mjuka smidesjärnet är obetydlig men hos den permanenta, härdade stålmagneten högst avsevärd, kallas remanent magnetism.

Även en strömgenomfluten spole utan järn, en s k solenoid, har förmåga att attrahera järnföremål. Den kan därför betraktas som en magnet, men med betydligt svagare verkan än en i samma spole införd och sålunda magnetiserad järnstav. En solenoid har ingen remanent magnetism.

En magnets förmåga att attrahera järnföremål måste tydligen bero på en kraftverkan. Man säger därför, att en magnet omgiver sig med ett kraftfält, vilket kan iakttagas utanför magneten men däremot icke inom denna. Kraftfältet åskådliggöres med linjer, s k magnetiska kraftlinjer. Summan av alla kraftlinjer, som utgå från en magnet, kallas det magnetiska flödet.

En magnet säges ha två poler, en nordpol, från vilken kraftlinjerna utgå, och en sydpol, i vilken de åter inträda i magneten. De bilda, vad man kallar en magnetisk krets, se bif bildblad 3:1 fig 4.

Det magnetiska kraftfältet kan studeras med hjälp av en provmagnet, en liten kompassnål, som är märkt med nord- och sydpol. Man finner då, att för magnetiska kretsar gäller regeln, att liknämnda poler repelleras och oliknämnda poler attraheras varandra.

Endast ett fåtal ämnen, mjukt järn, stål, nickel och kobolt kunna göras magnetiska, övriga ämnen äro omagnetiska. På senaste tiden har man lyckats åstadkomma vissa legeringar, som ha mycket goda permanentmagnetiska egenskaper.

15. Elektromagneter

Mellan det magnetiska flödets riktning och riktningen hos den ström, som förorsakar flödet råder ett bestämt samband. Polerna hos en elektromagnet kan man därför bestämma enligt en viss regel, den s k tumregeln. Om man griper om lindningen med högra handen, så att fingrarna peka i strömmens riktning så ligger magnetens nordpol på tummens sida. Se även bifogade bildblad 3:1 fig 5.

En elektromagnets styrka är beroende av kärnans material och form samt av den produkt, som erhålles, om strömmen i lindningen multipliceras med antalet lindningsvarv. Denna produkt kallas antalet amperevarv. En och samma järnkärna blir t ex lika starkt magnetiserad av 2 ampere med 1000 lindningsvarv som av 4 ampere med 500 varv.

För att alstra ett flöde av viss styrka i en kärna av järn erfordras allt fler amperevarv ju längre väg flödet har att gå genom kärnan. Antalet amperevarv som fordras per centimeter flödeslängd vid olika flödestäthet, är icke lika för alla järnsorter. S k dynamoplåt och stålgiutgods fordra sålunda avsevärt mindre antal amperevarv än vanligt gjutjärn.

Utmärkande för magnetisering av järn är, att flödestätheten icke är proportionell mot de magnetiserande amperevarven, eller mot magnetiseringsströmmen. Magnetiseringen kan endast drivas till en viss gräns. Om magnetiseringsströmmen ökas ytterligare, då denna gräns är uppnådd, ökas flödet mycket obetydligt. Järnet säges då vara mättat.

För att pressa ett magnetiskt flöde genom luft fordras ett relativt stort antal amperevarv per centimeter flödeslängd. Luften är en avsevärt sämre ledare för det magnetiska flödet än järn. I elektriska motorer och generatorer samt i reläer och kontaktorer med elektromagnetisk manövrering söker man därför göra luftgapen så små, som det ur mekanisk synpunkt är lämpligt.

16. Det magnetiska fältets kraftverkan på en strömgenomfluten ledare

Kring en strömgenomfluten ledare finnes ett magnetiskt kraftfält. Kraftlinjerna te sig som cirklar, vars medelpunkter sammanfalla med ledarens centrumlinje. Cirklarna ligga i ett plan, som är vinkelrätt mot ledaren.

Flödet har alltid en viss bestämd riktning, som anges i den s k skruvregeln: Flödesriktningen sammanfaller med rotationsriktningen hos en höjergängad skruv, om denna skruvas in i ledaren i strömmens riktning. Se även bif bildblad 3:2 fig 1.

Införes en strömgenomfluten ledare i ett magnetiskt flöde, så som visas på bifogade bildblad 3:2 fig 2, sammansätter sig detta flöde med ledarens eget flöde. Härvid uppkommer ovanför ledaren en förstärkning av det ursprungliga flödet, medan en försvagning av det samma uppkommer under ledaren. Ledaren strävar efter att röra sig i riktning från den förstärkta mot den försvagade delen av flödet.

På denna princip bygger konstruktionen av den elektriska motorn i vilka kraftverkan mellan strömförande ledare och magnetiska fält utnyttjas för att omsätta elektrisk energi i mekanisk sådan.

Magnetisk gnistblåsning, som användes för att snabbt "blåsa" ut den ljusbåge, som uppstår vid brytning av stora strömmar, är även en tillämpning av samma princip. Ljusbågen är ledaren för strömmen, och brytningen sker i ett magnetiskt kraftfält alstrat av en s k blåsmagnet. Ljusbågens och blåsmagnetens flöden sammansätts så, att ljusbågen "blåses" ut från brytstället.

17. Induktion

I våra vanligaste strömkällor, de elektriska generatorerna, alstras den elektromotoriska kraften genom s k induktion.

Hur detta tillgår kan i princip visas med en spole som flyttas i ett magnetfält, se bifogade bildblad 3:2 fig 3. Om spolen flyttas så, att den skär kraftlinjerna, uppstår en elektromotorisk kraft i spolen, och den inkopplade voltmetern gör utslag. Elektromotorisk kraft finnes endast så länge rörelsen pågår eller med andra ord så lång tid, som spolen håller på att skära kraftlinjerna. Då spolen hålles stilla, visar voltmetern på noll.

Om spolen hålles stilla, men magneten i stället flyttas, så att kraftlinjerna i magnetens luftgap komma att skäras av spolens ledare, uppstår även en elektromotorisk kraft. Om både spolen och magneten hållas stilla, kan elektromotorisk kraft induceras i spolen, om magneten är en elektromagnet, och man sluter eller bryter strömmen som magnetiserar den.

Som sammanfattning av detta kan man formulera följande viktiga regel:
Om ett magnetiskt flöde, som går genom en spoles inre, ändrar styrka eller riktning uppstår en elektromotorisk kraft, som varar så länge ändringen av flödet pågår.

Den elektromotoriska kraftens storlek är beroende på olika faktorer. Om spolen hastigt tryckes ur luftgapet erhålles ett större utslag på voltmetern än om förflyttningen sker långsamt. Den genom induktion alstrade elektromotoriska kraften är direkt proportionell mot den hastighet, med vilken spolen skär de magnetiska kraftlinjerna.

Om man sluter och bryter en stor magnetiseringsström, erhålles ett större utslag på voltmetern, än om man sluter och bryter en mindre magnetiseringsström. Den alstrade elektromotoriska kraften är direkt proportionell mot det magnetiska flödets täthet i luftgapet.

Gör man om de nämnda experimenten med olika stora spolar och med spolar med olika antal varv, finner man, att i en spole med stor ledarlängd inom flödet och med många varv alstras en större elektromotorisk kraft än en i liten spole med få varv.

Av det ovan nämnda kan man göra följande sammanfattning: Den genom induktion alstrade elektromotoriska kraften är direkt proportionell mot den hastighet med vilken spolen skär de magnetiska kraftlinjerna, mot flödets täthet i luftgapet, mot ledarens längd i flödet och mot antalet varv i spolen.

Den elektromotoriska kraft, som alstras genom induktion i en spole, ger upphov till en elektrisk ström om man förenar spolens ändpunkter med en ledning. Induktionsströmmen har alltid sådan riktning, att då den går genom spolen alstras ett flöde kring denna, som sammansätter sig med magnetens flöde så, att detta förstärkes framför spolen i rörelseriktningen. Genom denna förstärkning motverkas spolens rörelse. Det fordras därför ett mekaniskt arbete för att förflytta spolen genom magnetfältet, om strömkretsen är sluten. Detta mekaniska arbete är upphovet till den elektriska energi, som utvecklas i kretsen.

18. Självinduktion

Enligt vad som förut nämnts induceras en elektromotorisk kraft i en spole, om det av spolen inneslutna magnetiska flödet ändras. Alstras detta flöde av en ström genom spolen, ändras flödet, då strömmen ändras. Vid denna flödesändring induceras även en elektromotorisk kraft, och detta fenomen kallas självinduktion.

Då spolen anslutes till en strömkälla, når ej strömmen omedelbart det av Ohms lag $I = \frac{U}{R}$ bestämda slutvärdet. Det av strömmen alstrade fältet ger nämligen under sin tillväxt upphov till en motriktad självinduktiv spänning. Storleken på denna beror dels på hur snabbt strömmen ändras och dels på spolens induktans. En spoles induktans är beroende på spolens konstruktion och på det material, i vilket det magnetiska flödet går fram.

Då strömmen genom spolen brytes försvinner flödet. Vid denna flödesändring induceras även en spänning men denna är riktad åt samma håll som den ursprungliga magnetiserande spänningen och strävar därför efter att vidmakthålla den magnetiserande strömmen och därmed det magnetiska flödet.

Som sammanfattning av det nu nämnda erhålles följande regel: Om flödet i en spole ändras, så uppkommer i densamma en elektromotorisk kraft med sådan riktning, att en av denna alstrad ström söker motverka flödets ändring.

Vid brytning av strömmen genom manöverspoler för reläer och kontaktorer uppstå relativt stora brytgnistor till följd av den inducerade spänningen. Om spolarnas induktans är stor, och brytning sker ofta, kunna de kontakter som utföra brytningen skadas. För att undvika detta kopplas därför i sådana fall ett motstånd parallellt med spolen, se bifogade bildblad 3:2 fig 4. Den av den inducerade spänningen orsakade strömmen avledes så genom detta motstånd och går icke över kontakterna, varför brytgnistan blir mindre.

Likströmsmaskiner

19. Likströmsmaskinernas verkningssätt och allmänna konstruktion

Med likströmsmaskiner menar man i allmänhet roterande maskiner, i vilka antingen mekaniskt arbete omvandlas till elektrisk likströmsenergi, likströmsgeneratorer, eller i vilka elektrisk likströmsenergi utnyttjas för att åstadkomma mekaniskt arbete, likströmsmotorer.

Både generatorns och motorns funktion grundar sig på en samverkan mellan ett system av ledare och flödet i en magnetisk krets. I generatorn tvingas de elektriska ledarna att skära flödets kraftlinjer, varigenom en elektromotorisk kraft induceras i dem. I motorn tillföres ström till ledarna, vilka röra sig i det magnetiska flödet, varvid kraftverkan mellan detta och de strömförande ledarna utnyttjas.

Likströmsmaskinen är i princip uppbyggd på det sätt som framgår av figuren på bifogade bildblad. Det magnetiska flödet alstras i maskinens stator, vilken utföres som en ring av järn med invändigt placerade polkärnor och på dessa anbragta polkor. Kring polkärnorna sitta magnetspolarna, i vilka den ström, magnetiseringsströmmen, framgår, som alstrar det magnetiska flödet. Mellan polskorna roterar maskinens rotor eller ankare, som uppbär de strömförande ledarna, vilka tillsammans bilda ankarlindningen. Denna består av ett antal trådhärvor, vilka ligga nedlagda i ankarets spår. Härvidna äro anslutna till strömsamlaren, vilken även kallas kommutatorn eller kollektorn. Denna består av ett antal från varandra isolerade lameller. Varje trådhärva är ansluten till två lameller. Ankaret och strömsamlaren äro fastsatta på maskinens axel, vilken är lagrad i vid statorn fastskruvade lagersköldar. Mot strömsamlaren släpa kolborstarna, vilka hållas i läge av borsthållarna.

20. Separatmagnetiserade generatören

För att underlätta studiet av likströmsgeneratorns verkningssätt, tänker man sig en maskin, vars magnetlindning matas från en strömkälla med konstant ström. Maskinens magnetiska flöde kommer härigenom att få oföränderlig styrka. Vidare antages ankarlindningen bestå av en enda härva med ett trådvarv. Strömsamlaren får härigenom endast två lameller. En generator av detta enkla utseende visas schematiskt på bifogade bildblad 3:3 fig 1. De fyra delfiguren visa den roterande härvan i fyra olika lägen.

Den vid härvans rotation inducerade elektromotoriska kraften driver fram en ström genom belastningsmotståndet R. Strömmens riktning är i den genomskurna härvan markerad med ett snett kors (stjärten på en pil sedd bakifrån), då strömmen går i riktning mot papperets plan, och med en punkt (spetsen på en pil sedd framifrån) då strömmen går i motsatt riktning. Den krökta pilen markerar härvans rotationsriktning, och pilen vid belastningsmotståndet anger strömriktningen genom detta.

Då härvan börjar rotera från läge I, rör den sig först i det närmaste parallellt med kraftlinjerna. Härvid induceras ingen elektromotorisk kraft. Under sin rörelse kommer emellertid härvan att skära kraftlinjerna. Ju närmare den kommer läge II ju fler kraftlinjer skär den per tidsenhet. Den inducerade elektromotoriska kraften växer därför från noll till ett maximum i läge II. Då härvan rör sig från läge II till läge III kommer den att skära allt mindre och mindre antal kraftlinjer per tidsenhet, varför den inducerade elektromotoriska kraften kommer att avtaga från sitt maximum i läge II till noll i läge III. Vid rörelse från läge III till läge IV blir förloppet detsamma som då härvan rörde sig från läge I till läge II.

Strömmen genom härvan har alltid sådan riktning, se bilden, att det av strömmen alstrade fältet förstärker magnetfältet framför ledaren i rotationsriktningen. Genom denna förstärkning motverkas rörelsen vid belastning.

Om man på bilderna följer en viss härvsida, finner man, att strömmen går åt olika håll i härvan då den befinner sig vid magnetens sydpol, och då den befinner sig vid magnetens nordpol. På grund av strömsamlarens konstruktion och borstarnas placering kommer emellertid strömmen genom belastningsmotståndet alltid att gå åt samma håll. Strömmen kommer dock att variera på samma sätt som den inducerade elektromotoriska kraften.

Hur den inducerade elektromotoriska kraften och strömmen genom motståndet varierar, då härvan vrider sig ett halvt varv visas på bifogade bildblad 3:3 fig 2. Vid kontinuerlig rotation hos härvan erhålles en serie strömimpulser, vilka tillsammans bilda en pulserande likström av det utseende som framgår av bifogade bildblad 3:3 fig 3.

Genom att anordna flera härvor på ankaret, och genom samtidig uppdelning av strömsamlaren i motsvarande antal lameller, kan man minska pulsationernas storlek och därigenom få fram en likström med relativt jämnt förlopp.

Den av en likströmsgenerator alstrade spänningen beror bl a av den hastighet, med vilken ankaret kringvrides. Skära härvorna ett stort antal kraftlinjer per sekund, blir nämligen spänningen större än om ett mindre antal kraftlinjer skäras på samma tid. Är varvtalet konstant ökas spänningen, om magnetiseringsströmmen ökas, emedan antalet kraftlinjer samtidigt ökas. Minskas magnetiseringsströmmen, kommer även spänningen att minskas. Antalet seriekopplade härvor och antalet lindningsvarv i härvorna inverkar även på spänningen.

21. Shuntgeneratoren

I den förut beskrivna generatoren matades magnetlindningen med ström från en främmande strömkälla. Generatoren kan emellertid själv lämna ström till sin magnetlindning, eller fältlindning, som den även kallas. Om generatoren en gång varit i drift, så kvarstannar alltid någon remanent magnetism, vilken är tillräcklig för att ge generatoren en i början ringa spänning. Denna ökar den ursprungliga magnetiseringen, som i sin tur ökar maskinspänningen o s v. På så sätt fortgår en växelverkan, vilken har till följd, att generatoren så småningom och i verkligheten på ganska kort tid når full spänning.

Ett villkor för att generatoren skall taga upp spänningen är, att ankaret bringas att rotera i rätt riktning i förhållande till den remanenta magnetismens polaritet. I annat fall avmagnetiseras generatoren helt. Om detta inträffat måste magnetlindningen tillfälligt anslutas till en främmande strömkälla.

En generator vars magnetlindning är kopplad så som visas på bifogade bildblad 3:3 fig 4 kallas shuntgenerator. Shunt är ett engelskt ord, som bl a betyder sidoväg, och anger att magnetlindningen bildar en särskild strömkrets parallellt med den egentliga huvudströmkretsen.

De normala hjulaxeldrivna generatorerna för belysning i vagnar äro shuntgeneratorer.

22. Seriegeneratoren

Seriegeneratoren skiljer sig från shuntgeneratoren därigenom, att ankaret och magnetlindningen äro kopplade i serie. Magnetiseringen och därmed även spänningen blir beroende av belastningsströmmens storlek.

Denna generatortyp förekommer sällan i praktiken. På vissa fordon speciellt spårvagnar kunna motorerna med kontrollern kopplas om för elektrisk bromsning. De verka då som seriegeneratorer. Belastningen utgöres av ett bromsmotstånd, som kan ändras i vissa steg för reglering av bromskraften, se bif bildblad 3:3 fig 5.

23. Kompoundgeneratoren

Kompoundgeneratoren är en kombination av shuntgeneratoren och seriegeneratoren. Den är nämligen utrustad med både parallell- och seriekopplade magnetlindningar som framgår av bif bildblad 3:3 fig 6.

Serielindningen, som i regel består av endast några få varv, kan kopplas på två olika sätt. Antingen så att den samverkar med shuntlindningen, medkompounding, eller så att den motverkar shuntlindningen, motkompounding. I första fallet kommer magnetiseringen och därmed även spänningen att öka vid stigande belastning. Härigenom kan spänningsfallet i generatoren kompenseras och spänningen hållas konstant. I andra fallet erhålles en minskning av magnetiseringen och därmed även en spänningssänkning vid stigande belastning. Härigenom kan man skydda generatoren för överbelastning. Detta tillämpas exempelvis på svetsgeneratorer, vilka praktiskt taget kortslutas, då svetselektroden ansluttes.

Generatoren i den normala tåg-belysningsomformaren är medkompounderad. Härigenom hålles den avgivna spänningen konstant vid varierande belastning.

24. Shuntmotorn

I konstruktivt avseende skiljer sig motorn icke väsentligen från generatortorn. En motor kan därför användas som en generator och tvärtom.

Om en shuntgenerator anslutes till en strömkälla så, att strömmen i både ankarlindningen och magnetiseringslindningen blir lika som då maskinen gick som generator, finner man, att ankarets rotationsriktning blir omkastad. Detta beror på samverkan mellan de strömgenomflutna ankarledarnas flöde och det magnetiska flödet. Då maskinen drevs som generator uppstod, som förut nämnts, en förstärkning av det magnetiska flödet framför ledarna i rotationsriktningen. Då maskinen går som motor med nämnda förutsättningar, uppstår även en förstärkning av det magnetiska flödet på samma sida om ledarna, och på motsatta sidan uppstår en försvagning av flödet. Ledarna drivas därför från den förstärkta till den försvagade delen av flödet.

Ankarets rotationsriktning är således beroende av dels ankarströmmens riktning och dels det magnetiska flödets riktning. För att kasta om rotationsriktningen hos en likströmsmotor måste man därför ändra antingen ankarströmmens riktning eller det magnetiska flödets riktning.

Då ankarets ledare rotera i det magnetiska flödet induceras i dessa en motelektromotorisk kraft. Storleken på denna är beroende av ankarets rotationshastighet, magnetflödets styrka och antalet lindningsvarv på ankaret. Den yttre spänningen, som söker driva en ström genom ankarlindningen, motverkas av den motelektromotoriska kraften.

Då en motor startas, har den i början ingen motelektromotorisk kraft. Denna uppträder först, då ankaret börjar rotera. I startögonblicket blir därför ankarströmmen mycket stor, om ej särskilda åtgärder vidtagas. För att begränsa denna använder man startmotstånd, som kopplas i serie med motorns ankare. Startmotståndet urkopplas steg för steg i den mån motorns varvtal och därvid den motelektromotoriska kraften ökar.

I tombång, d v s då motorn går obelastad, går den även med högsta varvtalet. Den motelektromotoriska kraften är då praktiskt taget lika med den påtryckta spänningen, och tombångsströmmen genom ankarlindningen blir därför mycket liten. Då motorn belastas minskas varvtalet något och därmed den motelektromotoriska kraften, varvid strömmen genom ankarlindningen stiger. Vridningskraften på ankaret härrör sig, som förut nämnts, från kraftverkan mellan magnetkretsens flöde och det av ankarlindningens ledare alstrade flödet, vilket i sin tur är direkt proportionellt mot ankarströmmen.

För reglering av en shuntmotors hastighet användes i regel ett motstånd i serie med magnetiseringslindningen. Försvagas det magnetiska flödet ökar varvtalet. Ankaret måste nämligen rotera fortare för att den motelektromotoriska kraften skall bli lika stor som vid ett kraftigare flöde. Ökas magnetiseringen minskas varvtalet.

Hastigheten kan även regleras med ett motstånd i serie med ankaret. Detta användes emellertid endast vid små motorer på grund av de stora förluster, som uppstår i ett sådant seriemotstånd.

25. Seriemotorn

Seriemotorns magnetlindning ligger liksom seriegeneratorns i serie med ankarlindningen. Huvudströmmen passerar således magnetlindningen. Det magnetiska flödet kommer därför att variera med belastningen på motorn.

Vid start och lågt varvtal är det vridande momentet avsevärt på grund av det vid dessa tillfällen rådande starka magnetfältet och den stora ankarströmmen. Detta förhållande gör seriemotorn särskilt lämplig som drivmotor för spårvagnar och andra likströmsdrivna fordon, där just stort drivmoment erfordras vid starten.

Minskas belastningen minskar strömmen och därmed det magnetiska flödet. Motorns varvtal kommer därvid att öka. En seriemotor kan icke helt avlastas eller tillåtas gå i tomgång. Den skulle då komma att "rusa", d v s få ett mycket högt varvtal.

26. Likströmsmaskiners märkning

Varje likströmsmaskin är försedd med en märkplåt och på denna finnes angivet:

1. Maskinens art (likströmsgenerator eller likströmsmotor, shunt-, serie-, kompondlindad eller separat magnetiserad).
2. Tillverkare, typ och fabriktionsnummer.
3. Uteffekt.
4. Driftart.
5. Varvtal.
6. Spänning.
7. Ström.
8. Magnetspänning (vid separat magnetisering).

Uteffekten eller som den även kallas den avgivna effekten angives för generatorer i watt (W) eller kilowatt (kW). För motorer angives uteffekten i regel i hästkrafter (hk) men i en del fall även i watt eller kilowatt. För omräkning av watt till hästkrafter gäller att:

$$\underline{1 \text{ hk} = 736 \text{ W}}$$

Driftarten angives antingen som kontinuerlig (kont) d v s maskinen är avsedd att gå ständigt, eller intermittert (int) då maskinen endast skall gå under korta tidsperioder. Om driftarten icke är angiven, förutsättes att maskinen är avsedd för kontinuerlig drift.

Varvtalet angives som varv per minut (r/m).

Uppgifterna ang spänning och ström motsvarar uteffekten för generatorer, men för motorer är produkten av de angivna värdena på spänning och ström lika med den tillförda effekten, ineffekten.

27. Verkningsgrad

Om man för en motor jämför värdena på ineffekten och uteffekten finner man, att ineffekten alltid är större än uteffekten. En del av ineffekten går förlorad i motorn dels som värme i lindningarna och dels för att övervinna friktionen i lagren. Förhållandet mellan uteffekten och ineffekten kallas motorns verkningsgrad. Alltså:

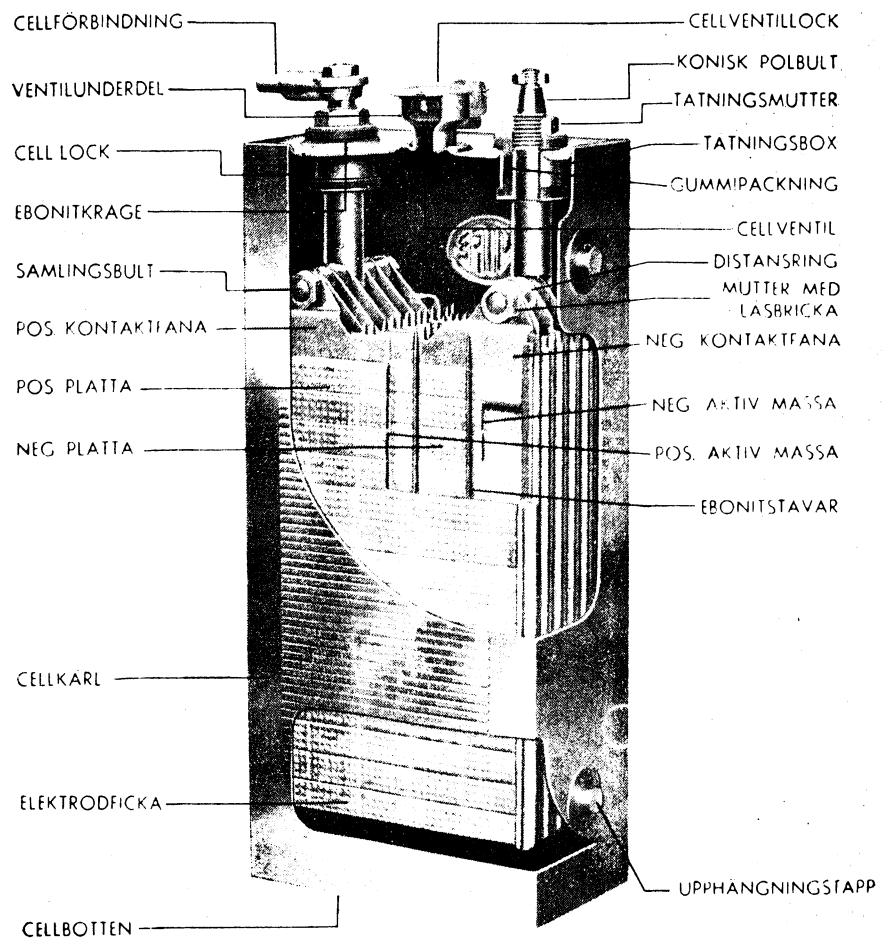
verkningsgraden = $\frac{\text{uteffekten}}{\text{ineffekten}}$

Verkningsgraden är alltid mindre än 1 och uttryckes antingen som ett decimalbråk eller i procent.

Ex: En likströmsmotor på 2 hk förbrukar vid full belastning 2000 W. Beräkna verkningsgraden.

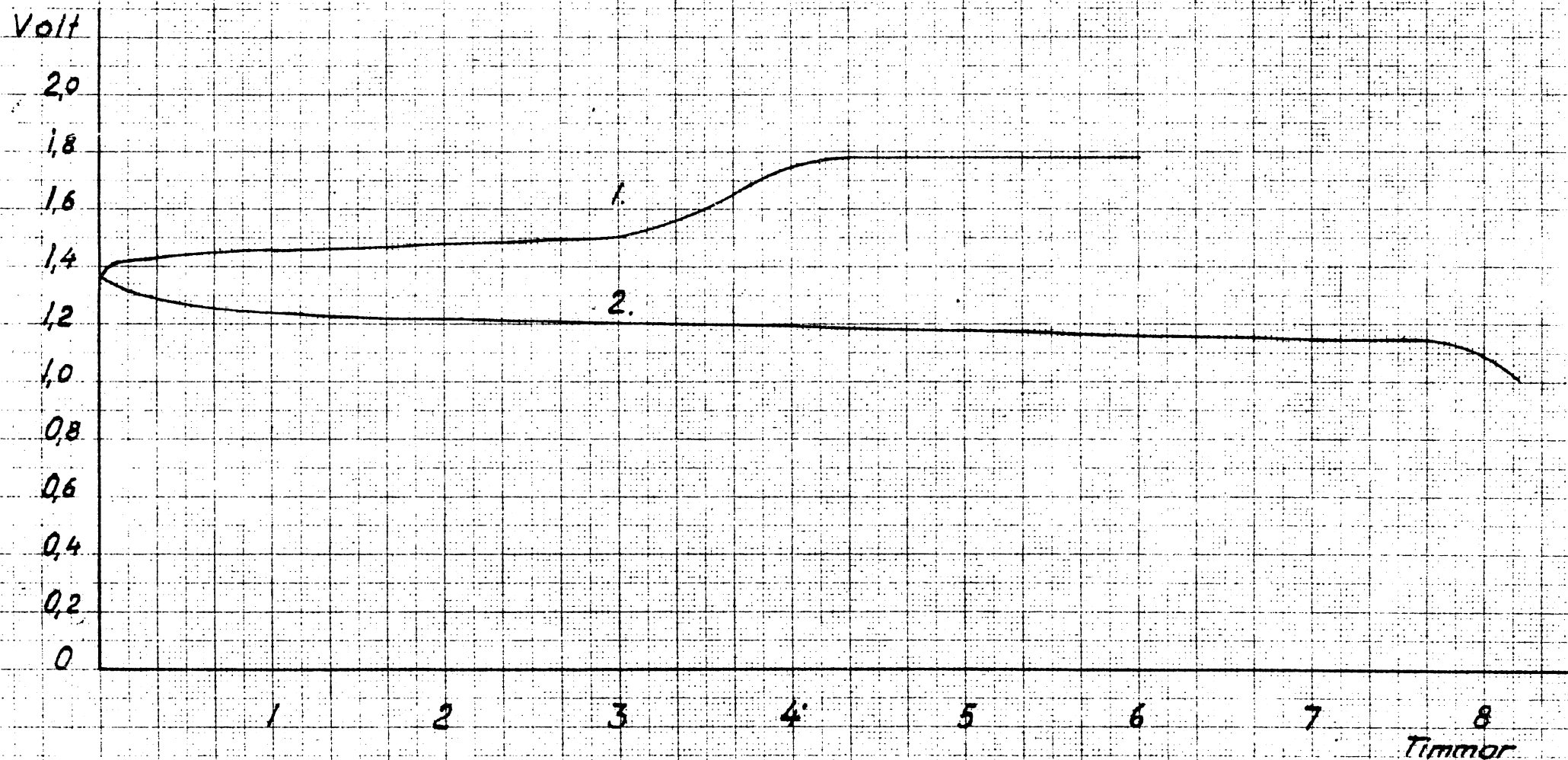
$$\text{Verkningsgraden} = \frac{2 \cdot 736}{2000} = 0,736 \text{ eller } 73,6 \%$$

Verkningsgraden för en och samma maskin är **icke** lika vid alla belastningar. Vid full belastning är den i allmänhet högre än vid lägre belastning.

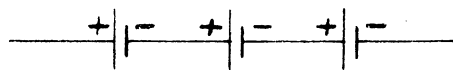


Genomskärning av en NIFE-cell

1. Laddning med 27 Amp. Temp. $+20^{\circ}$
2. Urladdning med 12,5 -- -- -- $+20^{\circ}$



NIFE-tågbelysningsceller 100 Ah



eller

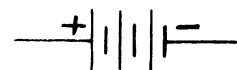


Fig. 1
Seriekoppling av celler

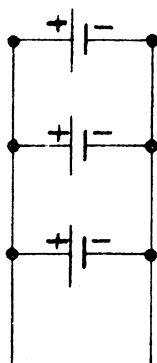


Fig. 2
Parallellkoppling
av celler

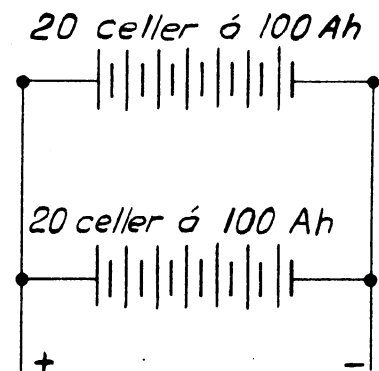


Fig. 3
Serie-parallellkoppling av
celler i ett tågbelysningsbatteri

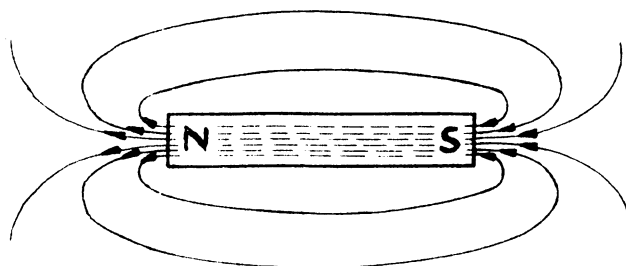
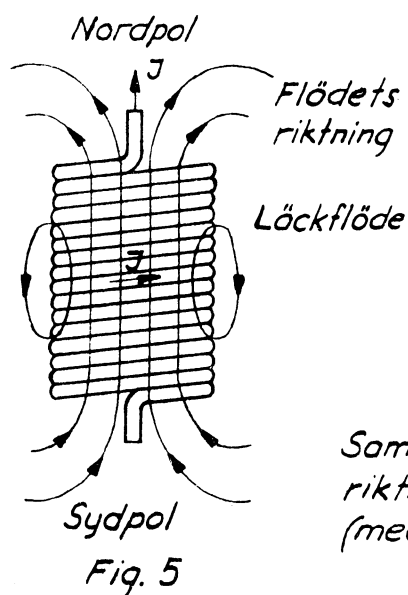


Fig. 4
Kraftlinjer kring en stavmagnet



Sambandet mellan strömmens och flödets
riktningar i en strömgenomfluten spole
(med eller utan järnkärna).

Fig. 5

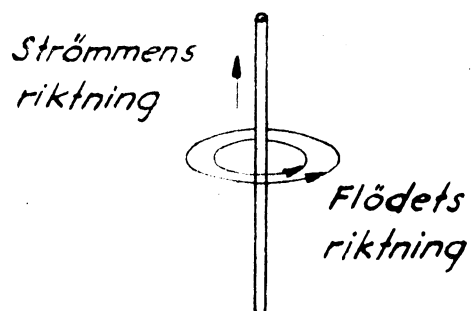
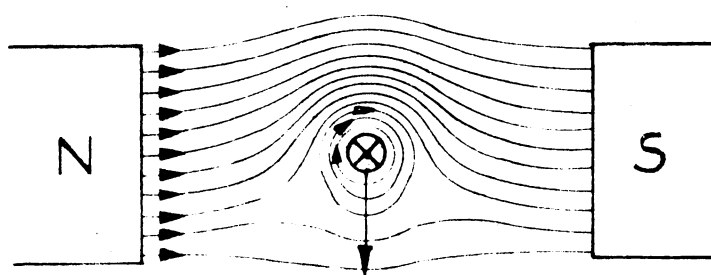


Fig. 1
Skruvregeln



Ledarens rörelseriktning

Fig. 2
Det magnetiska fältets kraftverkan
på en strömgenomfluten ledare

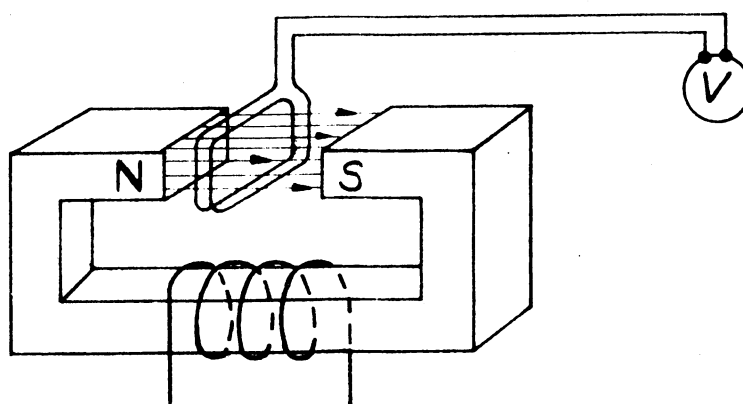


Fig. 3

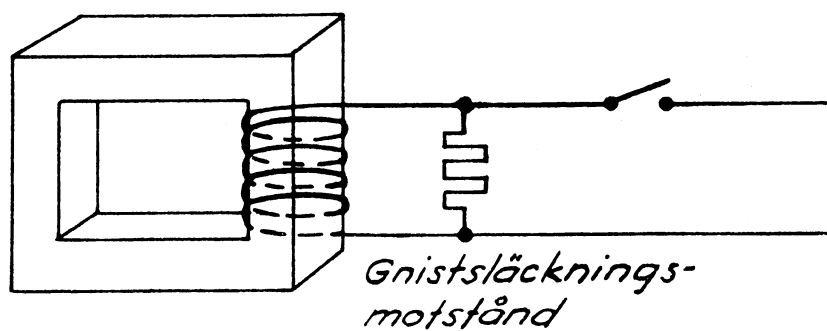


Fig. 4

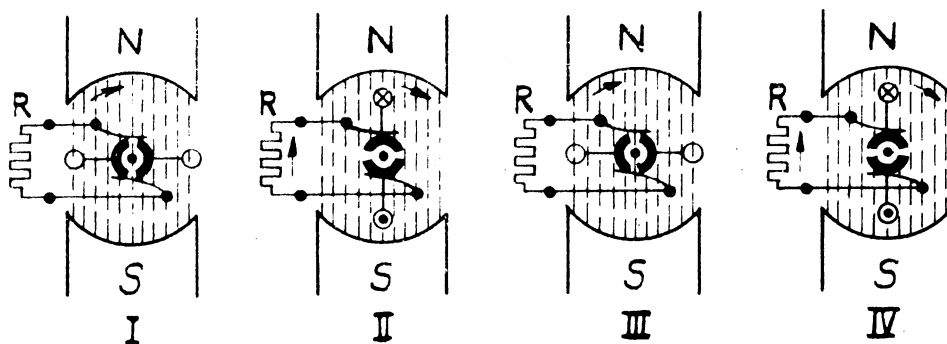


Fig. 1

Schematisk bild av likströmsgenerators arbetssätt

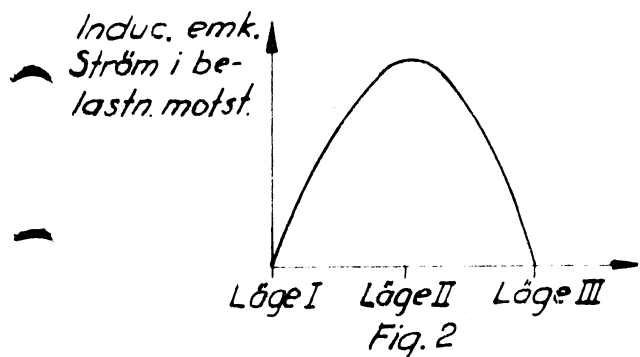


Fig. 2

Den inducerade elektromotoriska kraften vid hörvans olika lägen och strömmen i belastningsmotståndet

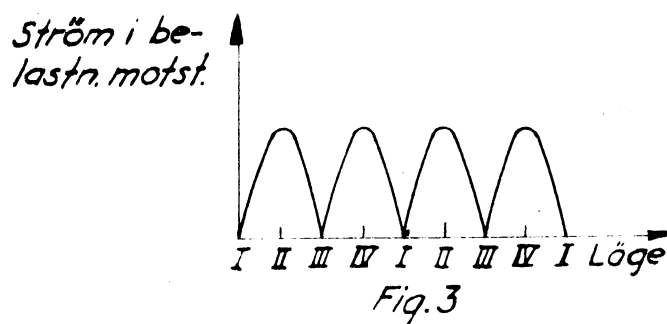


Fig. 3

Kommutatorn vänder alla strömimpulserna åt samma håll, varigenom en pulserande likström erhålles

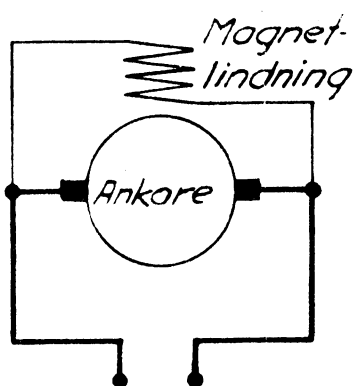


Fig. 4

Kopplingsschema för shuntgeneratoren

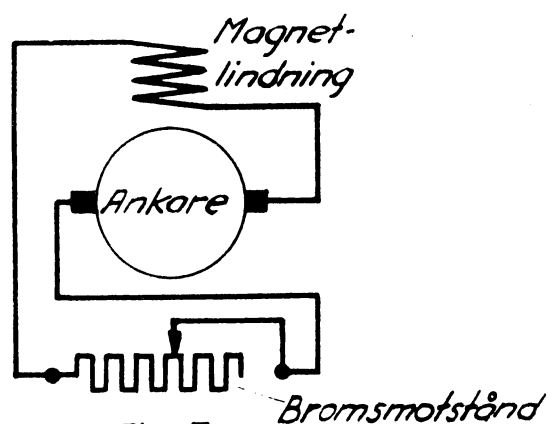


Fig. 5

Kopplingsschema för seriegeneratoren med bromsmotstånd

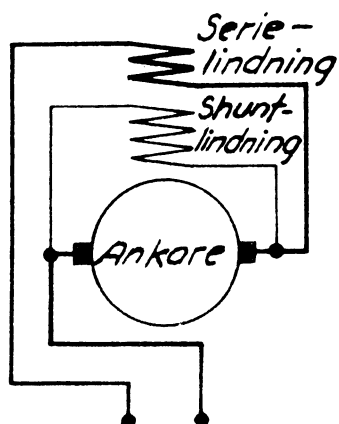


Fig. 6 Kopplingsschema för kompondgeneratoren

