

- 3) Ved hjælp af shuntreguleringsmodstanden skal spændingen ved fuldlast reguleres op til 230 V. Beregn den nye værdi af reguleringsmodstanden.
- 4) Man ønsker i stedet for shuntregulering indlagt en kom-poundvikling, således at spændingen er den samme ved fuldlast som ved tomgang. Beregn antallet af vindinger pr. pol.

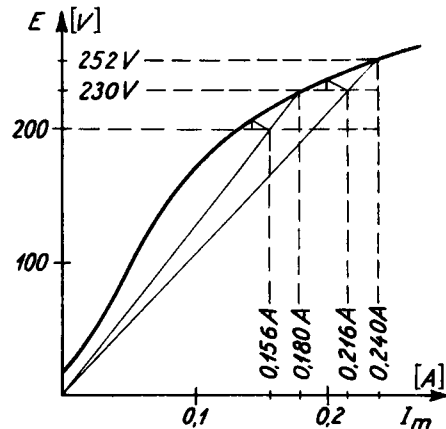


Fig. 6.6.1.

$$1) 230 = (800 + 2 + R_r) \cdot 0,18$$

$$R_r = 480 \Omega$$

- 2) Den lodrette side af den karakteristiske trekant er ved fuldlast  $2 \cdot 4 = 8$  V. Denne størrelse indtegnes på fig. 6.6.1, og den vandrette side  $k \cdot I_a$  udmåles til 16 mA.

$$k = \frac{0,016}{4} = 0,004$$

- 3) Ved indtegnning af modstandslinien i forhold til den parallelforskudte trekant fås:

$$252 = (800 + 2 + R_r) \cdot 0,24$$

$$R_r = 250 \Omega$$

- 4) Serieviklingens vindinger pr. pol fås af formel (6.4.1)

$$N_{\text{serie}} = \frac{0,06 \cdot 800}{4} = 12 \text{ vindinger}$$

idet størrelsen  $I_m'' + I_m = 0,216 + 0,156 = 0,06$  A findes ved parallelforskydning af den karakteristiske trekant.

## 7.0. JEVNSTRØMSMOTOREN

Som nævnt i afsnit 2 vil en leder i et magnetisk felt påvirkes af en kraft, hvis den gennemløbes af en strøm. Hvadenten lederen påvirkes af kraften  $F$  hidrørende fra den gennemløbende strøm  $I$ , eller lederen gennemløbes af strømmen, fordi den bevæges af kraften  $F$ , må sammenhængen mellem  $F$  og  $I$  være uændret i begge tilfælde. Ud fra dette ræsonnement kan en jævnstrømsmaskine benyttes både som generator og som motor uden forandringer. Samtlige betragtninger i afsnit 2, 3 og 4 må derfor gælde for jævnstrømsmotoren, således også udtrykket for motorens afgivne moment:

$$M = \frac{p}{a} \frac{Z}{2\pi} \cdot I_a \cdot \Phi \text{ [Nm]}$$

Når ankeret roterer, fordi det er tilsluttet en vis spænding, vil der i ankerlederne induceres en spænding ligesom i generatoren og givet efter samme formel

$$E = k_1 \cdot n \cdot \Phi \text{ [V]}$$

Ankerstrømmen  $I_a$  vil da være bestemt af:

$$I_a = \frac{U + E}{R_a} \text{ [A]} \quad (7.0.1)$$

hvor  $U$  er den påtrykte spænding, og  $E$  er den inducerede spænding modsat rettet  $U$ .

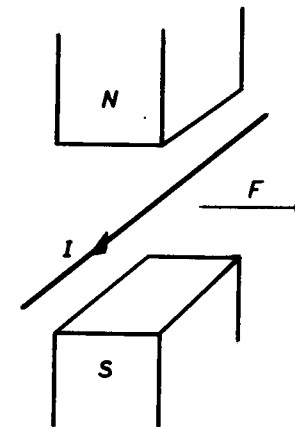


Fig. 7.0.1

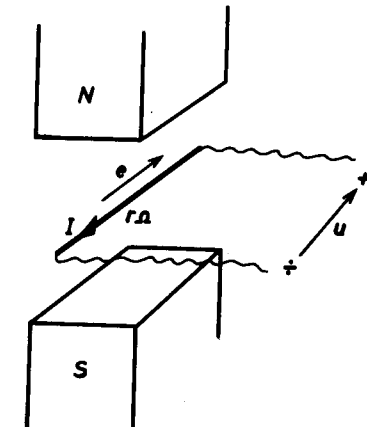


Fig. 7.0.2

Rigtigheden af ovenstående ses ved betragtning af en enkelt leder i ankeret, fig. 7.0.2. Ligger der til et givet tidspunkt spændingen  $u$  over lederstykket, vil strømmen  $I$  påvirke lederstykket med kraften  $F$  i den viste retning. Kraften  $F$  bevæger lederen i pilens retning, og ifølge afsnit 2 fås en induceret spænding  $e$  i den viste retning. Er lederstykkets modstand  $r[\Omega]$ , bliver strømmen  $I$  bestemt ved:

$$I = \frac{u - e}{r} \quad [\text{A}]$$

hvilket svarer til (7.0.1), idet der tages hensyn til serie- og parallelkobling af spændinger, modstande og strømme i ankeret. Medtages børstespændingsfaldet  $U_b$ , kan (7.0.1) skrives som (7.0.2), idet man ser bort fra ankerreaktionen. (sml. med udtrykket (6.1.1)).

$$U = E + (R_a \cdot I_a) + U_b \quad [\text{V}] \quad (7.0.2)$$

#### 7.1. Jevnstrømsmotorens igangsætning

Ifølge (7.0.1) er ankerstrømmen bestemt ved:

$$I_a = \frac{U - E}{R_a},$$

idet vi ser bort fra modstande i vendepoler og lignende. Ved stilstand er  $E = 0$  d.v.s.:

$$I_a = \frac{U}{R_a} \quad [\text{A}]$$

Da  $R_a$  normalt er meget lille, ville man ved direkte tilslutning til nettet få et meget kraftigt strømstød, hvilket ikke kan tillades, dels af hensyn til motorens sikringsbeskyttelse og dels af hensyn til andre forbrugsgenstande, specielt glødelamper.

For eksempel har en 10 HK motor en normalstrøm på 20,5 A ved 440 V. Ankermodstanden er ca.  $1\Omega$ , hvorfor startstrømstødet ved direkte start bliver:

$$I_{\text{start}} = \frac{440}{1} = 440 \text{ A},$$

eller ca. 20 gange normalbelastningsstrømmen.

Danske el-værkers fællesregulativ foreskriver, at startstrømmen for jævnstrømsmotorer større end en  $1/4$  HK højst må være 1,6 gange fuldlaststrømmen, og man må derfor i startøjeblikket indskyde en modstand til begrænsning af strømmen. Størrelsen af den nødvendige igangsætningsmodstand i startøjeblikket bliver:

$$R_{\text{ig}} = \frac{U}{1,6 \cdot I_n} - R_a \quad [\Omega] \quad (7.1.1)$$

Når ankeret begynder at rotere, falder  $I$  på grund af den inducerede modelektromotoriske kraft, og strømmen følger første del af den fuldt optrukne kurve på fig. 7.1.1. For at afkorte starttiden og for at få udskudt igangsætningsmodstanden gradvist, udkobles i det øjeblik, hvor  $I_{\text{start}} = I_n$ , så meget af igangsætningsmodstanden, at man atter får  $I_{\text{start}} = 1,6 \cdot I_n$  [A].

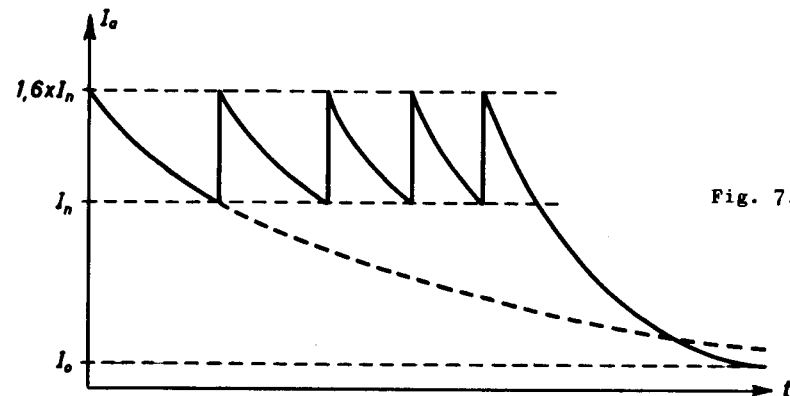


Fig. 7.1.1

Hermed fortsættes, indtil hele igangsætningsmodstanden er udkoblet. De enkelte igangsætningsmodstande beregnes efter følgende princip:

Idet den samlede modstand i startøjeblikket kaldes  $R_1$ , den samlede modstand, når første trin er koblet ud, kaldes  $R_2$  o.s.v., har man:

$$R_1 = \frac{U}{I_{\text{start}}} \quad [\Omega]$$

Når  $I_{\text{start}}$  er faldet til  $I_n$  har vi  $U = E_1 + I_n \cdot R_1$ . Derefter skiftes over til  $R_2$ , og da sammenhængen  $U = E_1 + I_{\text{start}} \cdot R_2$  skal gælde i omskiftningsøjeblikket fås:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{I_n}{I_{\text{start}}}$$

På samme måde findes forholdet mellem  $R_2$  og  $R_3$

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{I_n}{I_{\text{start}}}$$

Til beregning af igangsætteren kan følgende skema derfor opstilles

$$R_1 = \frac{U}{I_{\text{start}}} \quad [\Omega]$$

$$R_2 = R_1 \cdot \frac{I_n}{I_{\text{start}}} \quad [\Omega]$$

$$R_3 = R_2 \cdot \frac{I_n}{I_{\text{start}}} \quad [\Omega]$$

$$R_4 = R_3 \cdot \frac{I_n}{I_{\text{start}}} \quad [\Omega]$$

(7.1.2)

o.s.v.

Hermed fortsættes, indtil man finder en modstand  $R_n \leq R_a$ . Hvis  $R_n$  er mindre end  $R_a$ , og man ønsker en konstant kvotient mellem samtlige modstande, gøres denne mindre, indtil  $R_n$  og  $R_a$  bliver lige store. De enkelte trin på igangsætteren kan ifølge fig. 7.1.2 beregnes efter (7.1.3).

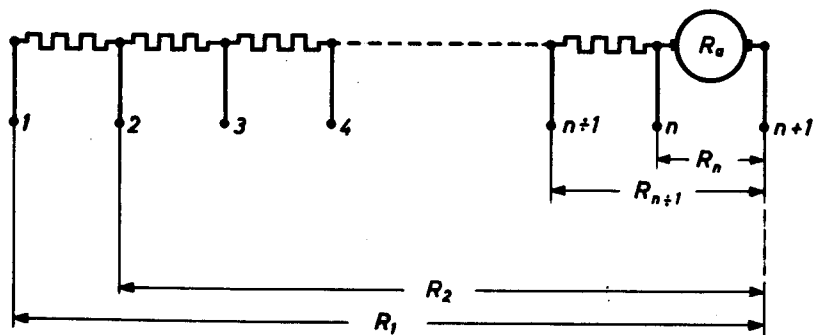


Fig. 7.1.2

$$R_{1-2} = R_1 - R_2 \quad [\Omega]$$

$$R_{2-3} = R_2 - R_3 \quad [\Omega]$$

$$R_{3-4} = R_3 - R_4 \quad [\Omega]$$

$$\vdots$$

$$R_{(n+1)-n} = R_{n-1} - R_n \quad [\Omega]$$

$$R_{n-(n+1)} = R_n = R_a \quad [\Omega]$$

(7.1.3)

Anvendelsen af igangsætter yder ikke garanti mod, at den normerede startstrøm overskrides ved for hurtig igangsætning. Særligt ved store jævnstrømsmotorer bør man derfor have et amperemeter tilsluttet således, at startstrømmen kan kontrolleres.

## 7.2. Shuntmotoren

Shuntmotoren svarer fuldstændigt til shuntgeneratoren. I startøjeblikket er den forbundet til igangsætteren som vist på fig. 7.2.1, se iøvrigt afsnittet om klembrædtbetegnelser side 9.

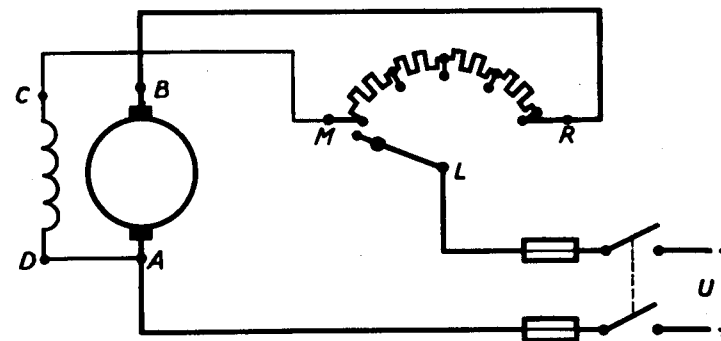


Fig. 7.2.1

Når igangsætteren er helt udskudt, indgår igangsætterens modstand i shuntkredsen. I praksis har dette ingen betydning, da shuntkredsens modstand er væsentlig større end igangsætterens modstand.

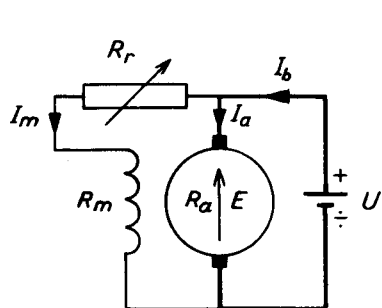


Fig. 7.2.2

Med igangsætteren helt udskudt er motoren tilkoblet nettet som vist på fig. 7.2.2. I shuntkredsen kan der anbringes en variabel modstand til regulering af magnetiseringsstrømmen.

Under drift bestemmes ankerstrømmen som før nævnt af:

$$I_a = \frac{U - E}{R_a} \text{ [A]}$$

Hvor:

$$E = k_1 \cdot n \cdot \Phi \text{ [V]} \quad (7.2.1)$$

Endvidere kendes formelen for motorens afgivne moment:

$$M = k_2 \cdot I_a \cdot \Phi \text{ [Nm]} \quad (7.2.2)$$

Stigende belastning kræver større ankerstrøm, som fremskaffes ved, at maskinens omløbstal falder lidt, hvorved størrelsen  $I_a = \frac{U - E}{R_a}$  forøges. Omløbstallet falder altså med stigende belastning og til en bestemt afgiven effekt svarer et bestemt omløbstal. På fig. 7.2.3 ses omløbstallet som funktion af den afgivne effekt. I forhold til tomgang vil omløbstallet ved fuldlast falde med 5-10%.

Omstående betragtninger er gjort under den forudsætning, at ankerreaktionen er uden betydning. Kendes magnetiseringskarakteristik og ankerreaktion, kan omløbstallet findes ved den på fig. 7.2.4 viste konstruktion. Er netspændingen  $U_N$ , og går der en magnetiseringsstrøm  $I_m$ , findes tomgangs-omløbstallet  $n_t$  af (7.2.3), idet  $n_o$  er det omløbstal, hvor magnetiseringskarakteristikken er optaget, se fig. 6.1.1 og 2.

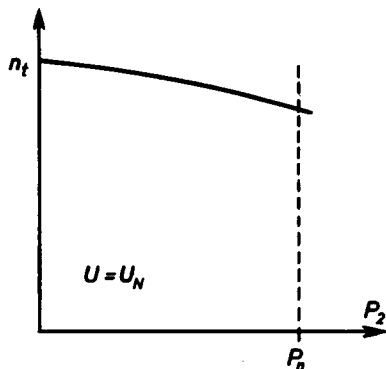


Fig. 7.2.3

$$n_t = \frac{ob}{oc} \cdot n_o \text{ [O/M]}, \quad (7.2.3)$$

Der er her set bort fra det af tomgangsstrømmen fremkaldte spændingsfald. Når motoren derefter skal afgive et moment svarende til en ankerstrøm  $I_a$ , bliver den inducerede spænding reduceret med størrelsen  $ab = R_a \cdot I_a$ . På grund af ankerreaktionen reduceres magnetiseringsstrømmens virkning med stykket  $a'a = o'o = k \cdot I_a$ , og omløbstallet ved belastning findes følgelig som:

$$n_b = n_o \cdot \frac{o'a'}{o'c'} \text{ [O/M]}$$

Ved at indsætte  $n_o = n_t \cdot \frac{oc}{ob}$  fås:

$$n_b = n_t \frac{oc}{ob} \cdot \frac{o'a'}{o'c'} \text{ [O/M]} \quad (7.2.4)$$

Hvis forholdet  $\frac{oc \cdot o'a'}{ob \cdot o'c'}$  er større end 1, betyder det, at maskinens omløbstal stiger med stigende belastning som vist på fig. 7.2.5. Ved at betragte konstruktionen fig. 7.2.4 ses, at chancen herfor er større, jo større ankerreaktionen er.

En stigende karakteristik vil være uheldig af hensyn til motorens stabilitet under belastning. Man må derfor på konstruktionsstadiet sørge for, at maskinen får en passende faldende karakteristik.

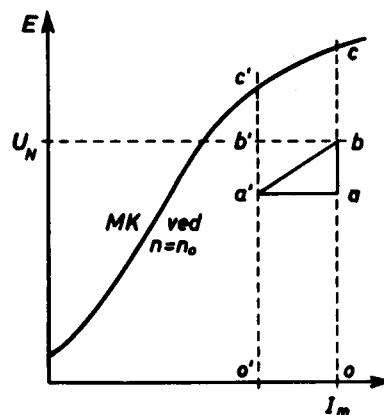


Fig. 7.2.4

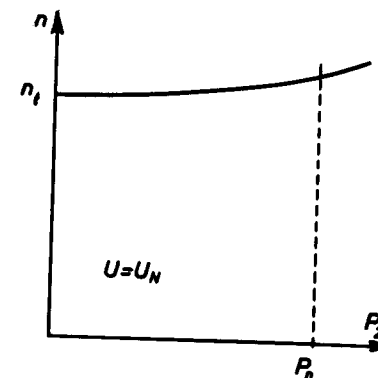


Fig. 7.2.5

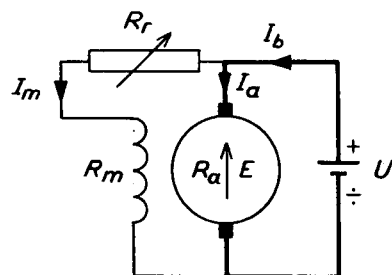


Fig. 7.2.6

En shuntmotor kan hastighedsreguleres ved enten at ændre modstanden i shuntkredsen eller i ankerkredsen. Ved shuntreguleringen ændres modstanden  $R_r$  i shuntkredsen på fig. 7.2.6. Herved ændres magnetiseringsstrømmen og dermed feltet  $\Phi$ . I følge (4.2.2) er omløbstallet omvendt proportionalt med feltet - idet den inducerede spænding  $E$  er konstant ved en given belastning - og man forsøger således omløbstallet ved at indskyde modstand i shuntkredsen.

Ved ankerregulering indskydes en variabel modstand i ankerkredsen som vist på fig. 7.2.7. Reguleringsmodstandens værdi indgår da sammen med ankermodstanden i ligning (7.0.2), som får formen (7.2.5).

$$U = E + (R_r + R_a) I_a + U_b \quad [V] \quad (7.2.5)$$

Når  $R_r$  gøres større, bliver den inducerede spænding mindre og dermed også omløbstallet  $n$ . Principielt fås således faldende omløbstal med ankerregulering, medens man får stigende omløbstal med shuntregulering. (For stigende værdier af  $R_r$ ).

Medens shuntreguleringen er næsten tabsfri (tabene i shuntkredsen bliver endda mindre), forårsager ankerreguleringen store tab, der nedbringer virkningsgraden. Sidstnævnte reguleringsform bruges derfor ikke meget. I forbindelse med ankerregulering skal det påpeges, at man ikke må bruge igangsætningsmodstanden som reguleringsmodstand, da modstandstråden ikke er dimensioneret til at bære ankerstrømmen i længere tid.

Hvis en shuntmotor kører tilsluttet et net, og den af belastningen tvinges op over tomgangsømløbstallet, vil maskinen virke som generator og sende effekt ud på nettet, hvorved maskinen hindres i at løbe løbsk. Denne form for bremsning kaldes regenerativ bremsning.

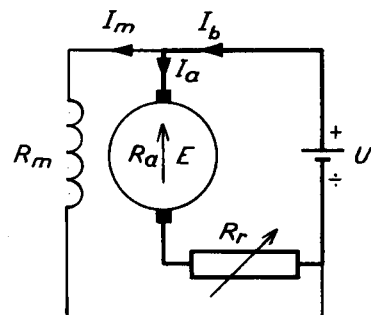


Fig. 7.2.7

Af momentformlen (7.2.2) fremgår, at motorens drejningsmoment er proportionalt med ankerstrømmen, idet feltet er konstant, hvis man ser bort fra ankerreaktionen. Momentkurven  $M$  bliver derfor en næsten ret linie som vist på fig. 7.2.8, således at det afgivne moment er nul ved tomgang og antager en meget stor værdi ved kortslutning (afbremsning).

Hældningen af momentkurven er bestemt af ankermodstanden  $R_a$ . Større maskiner er karakteriseret ved lille ankermodstand og dermed en stejl momentkurve, hvilket giver meget lille hastighedsvariation i det normale belastningsområde svarende til udredningen på side 56.

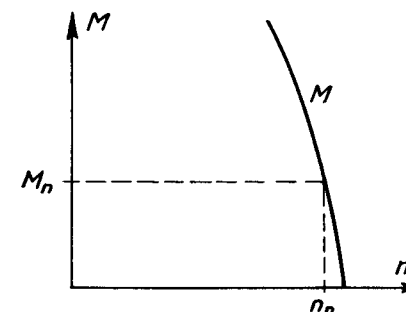


Fig. 7.2.8

Da startstrømmen ifølge Fællesregulativet skal begrænses til  $1,6 \cdot I_n$ , er startmomentet ifølge (7.2.2) 1,6 gange fuldlastmomentet. Denne værdi af startmomentet er fuldt tilstrækkeligt til de fleste anvendelser.

### 7.3. Seriemotoren

På fig.7.3.1 vises en seriemotor med igangsætter, se iøvrigt afsnittet om klembrædtbetegnelser side 9.

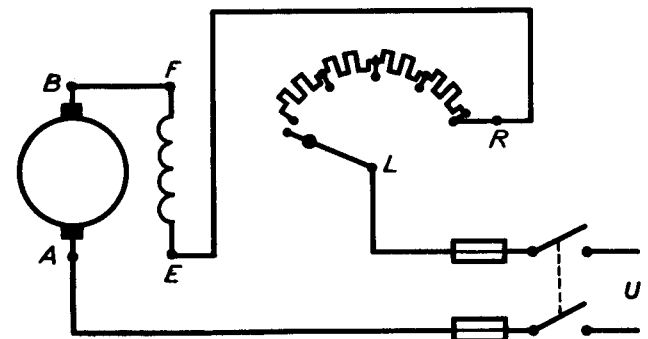


Fig. 7.3.1

Seriemotorens opførsel under drift er væsentlig forskellig fra shuntmotorens, idet seriemotorens felt er bestemt af ankerstrømmen og dermed af belastningen. Inden for det retlinede stykke af MK-kurven kan feltet med tilnærmelse sættes til en konstant gange ankerstrømmen. Indføres dette i udtrykket (7.2.1) ser man, at omløbstallet med tilnærmelse er omvendt proportionalt med ankerstrømmen og dermed også med belastningen. Dette betyder, at omløbstallet for en seriemotor falder stærkt med stigende belastning. Af samme grund må en seriemotor ikke køre ubelastet, da feltet i tomgang næsten er nul, og omløbstallet derfor vil stige utilladeligt. Omløbstallet som funktion af belastningen er vist på fig. 7.3.2.

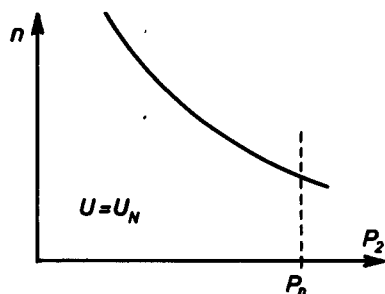


Fig. 7.3.2

Ved en given belastning kan seriemotorens omløbstal reduceres med en modstand i ankerkredsen. Forholdene ved denne form for regulering svarer ganske nøje til shuntmotorens ankerregulering. Ved en given belastning kan omløbstallet forøges ved feltsvækning som vist på fig. 7.3.3. Ved at lede en del af ankerstrømmen gennem en regulerbar modstand, som er shuntet over serieviklingen, vil feltet svækkes, hvorved motorens omløbstal stiger.

Seriemotorens moment er som for shuntmotoren givet ved (7.2.2), og da feltet som nævnt ovenfor er bestemt af ankerstrømmen, vil seriemotorens moment med tilnærmelse være proportionalt med ankerstrømmens kvadrat. Kortslutningsmomentet bliver derfor større end for en tilsvarende shuntmotor, dog ikke så meget som udtrykket  $M = k \cdot I_a^2$  angiver, idet der hurtigt indtræder mætning af jernet. Ved stigende omløbstal falder momentet ikke til nul som ved shuntmotoren, men aftager efter en kvadratisk funktion som vist på fig. 7.3.4. Man skal derfor som omtalt ved fig. 7.3.2 altid sørge for et passende modmoment, således at motoren ikke kan løbe løbsk.

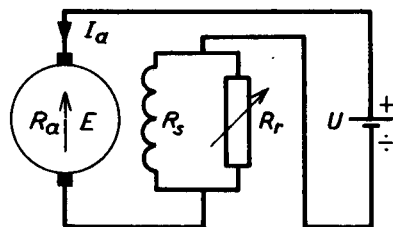


Fig. 7.3.3

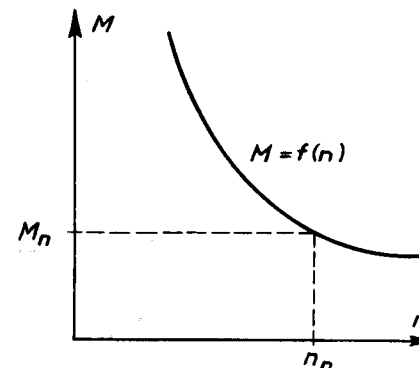


Fig. 7.3.4

Da startstrømmen ifølge Føllesregulativet skal begrænses til 1,6 gange fuldlaststrømmen, bliver seriemotorens startmoment  $1,6^2 \sim 2,5$  gange fuldlastmomentet. Seriemotoren er derfor velegnet, hvor der skal accelereres store masser, f.eks. S-tog.

I modsætning til shuntmotoren kan seriemotoren anvendes til afbremsning af en belastning næsten helt ned til stilstand. I det øjeblik, hvor maskinen ved afbremsning går fra motor- til generator-drift, skifter strømretningen i ankeret. For at undgå, at maskinen herved afmagnetiseres, må tilledningerne til feltviklingen krydses ved hjælp af en omskifter, når motoren anvendes som bremse.

#### 7.4. Kompoundmotoren

Ligesom jævnstrømsgeneratoren kan jævnstrømsmaskinen som motor forsynes både med shuntvikling og serievikling, hvorved man får blandingstypen kompondmotoren som vist på fig. 7.4.1 tilsluttet igangsætter, se iøvrigt afsnittet om klembredtbetegnelser side 9.

Som regel er igangsætterarmen forsynet med en fjeder og en holdemagnet, således at igangsætterarmen af sig selv går tilbage i udgangsstillingen, når spændingen afbrydes. Holdemagnetens tilslutning betegnes ML, og i koblingerne fig.7.2.1 og fig.7.4.1 skal ML forbindes til D.

Kompondmotoren kan være enten med- eller mod-kompon-deret alt efter seriefeltets retning. Den medkomponderede motor har seriemotorens gode startegenskaber på grund af seriefeltet, og shuntviklingen forhindrer, at motoren løber løbsk i tomgang. Med stigende belastning falder omløbstallet mere end for shuntmotoren, men mindre end for seriemotoren.

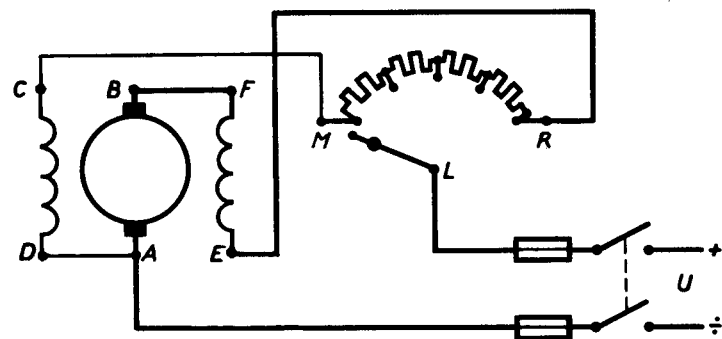


Fig. 7.4.1

Med en passende modkompounding kan en shuntmotors omløbstal gøres næsten konstant, idet feltreduktionen modsvarer faldet i omløbstaten. Ved overbelastning vil den modkomponerede motor have tendens til at løbe løbsk, og da man idag har andre muligheder for hastighedsregulering, anvendes denne motortype meget sjældent.

#### 7.5. Den fremmedmagnetiserede jævnstrømsmotor

Den fremmedmagnetiserede motor har en magnetiseringskreds forbundet til en selvstændig spændingskilde ligesom den fremmedmagnetiserede generator på fig. 6.1.1. Den fremmedmagnetiserede motor svarer i sin virkemåde fuldstændig til shuntmotoren, blot giver fremmedmagnetiseringen større muligheder for feltvariation og dermed større hastighedsområde. Denne motortype bruges derfor til specielle reguleringsformål, f.eks. til Ward-Leonard koblingen.

#### 7.6. Kompensationsviklinger og vendepoler

For at modvirke ankerreaktionens virkning og gnistdannelse på kommutatoren kan jævnstrømsmotoren forsynes med kompensationsvikling og vendepoler efter samme principper som jævnstrømsgeneratoren.

#### 7.7. Vending af omløbsretning

For samtlige motortyper gælder, at omløbsretningen kan vendes ved enten at vende tilledningerne til ankeret eller til feltviklingen. Hvis man vender forbindelsesledningerne til nettet, vil omløbsretningen ikke ændres.

#### 7.8. Jævnstrømsmotoren ved forskellige belastningsformer

Vi har i afsnit 7.2 og 3 omtalt de indbyrdes forhold mellem omløbstaten, effekt og moment. Forudsætningen for at en motor kan afgive et moment er naturligvis, at den er belastet, og kurverne i afsnit 7.2 og 3 kan tænkes at være målt punkt for punkt ved hjælp af en variabel belastning.

Når motoren skal trække en given belastning, vil motoren - efter et overgangsforløb - indstille sig på et omløbstaten, der afhænger af henholdsvis motorens og belastningens momentkurver. Vi vil i dette afsnit kort gøre rede for de principielle forhold for jævnstrømsmotorens start og drift ved forskellige belastningsformer.

Forudsætningen for at motoren kan starte med tilkoblet belastning er, at startmomentet er større end belastningens modmoment. Man skal for motorer større end  $1/4$  HK huske at tage hensyn til det reducerede startmoment hidrørende fra Fællesregulativets krav om  $I_{start} \leq 1,6 I_n$ .

Efter startforløbet vil omløbstaten indstille sig således, at motorens afgivne moment og belastningens modmoment er lige store. Forudsætningen for stabil drift er, at differentialkvotienten (hældningen) for motorens momentkurve er mindre end differentialkvotienten for belastningens momentkurve i de to kurvers skæringspunkt. Fig. 7.8.1 og 2 viser henholdsvis et stabilt og et ustabilt tilfælde

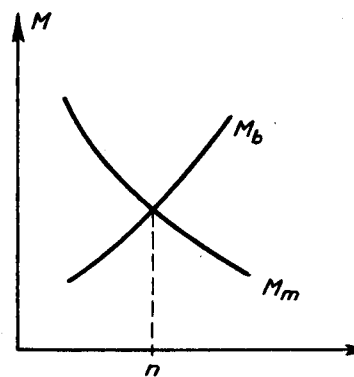


Fig. 7.8.1

Stabilt system

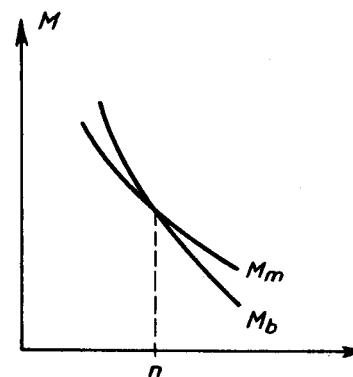


Fig. 7.8.2

Ustabilt system

$M_b$  = belastningsmoment  $M_m$  = motormoment

I fig. 7.8.1 vil systemet efter en tilfældig variation  $\Delta n$  straks søge tilbage til omløbstallet  $n$ . I fig. 7.8.2 vil systemet derimod enten gå i stå eller løbe løbsk, hvis systemet påtrykkes en hastighedsvariation  $\Delta n$ .

Fig. 7.8.3, 4 og 5 viser tre typiske kurver for belastningsmomentet som funktion af omløbstal. Sammen med hver belastningskurve er momentkurverne for serie- og shuntmotoren angivet. Fig. 7.8.3 viser karakteristikken for en belastning, hvor det overvejende er friktionen, som bestemmer belastningsmomentets størrelse. Efter et vist løsrivelsesmoment falder momentet lidt for derefter at stige svagt på grund af ventilationstab, således at belastningsmomentet stort set er konstant inden for det normale omløbstalsområde. Som eksempler på friktionsbelastninger kan nævnes trykkerimaskiner, kraner og elevatorer med en given byrde samt køretøjer ved lavere hastigheder. Som det fremgår af fig. 7.8.3 giver både serie- og shuntmotorer stabile driftsforhold. Valget mellem de to motortyper vil derfor afhænge af, om man ønsker konstant omløbstal ved eventuelt varierende belastning (shuntmotor) eller hurtig acceleration op til normalt omløbstal (seriemotor). F.eks. vil man til en kran altid vælge en shuntmotor for at undgå løbskørsel, når kranen er ubelastet, medens man til acceleration af store masser, f.eks. S-tog vælger en seriemotor. Med en omkøbelbar motor kan de to motortypers bedste egenskaber forenes, således at man starter motoren som seriemotor og derefter - ved normal hastighed - kobler over fra serie- til shuntvikling.

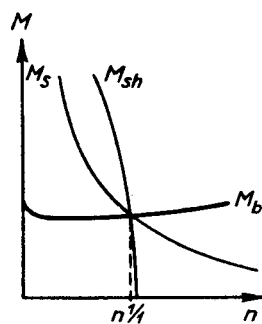


Fig. 7.8.3

$M_b$  = Belastningsmoment     $M_s$  = Seriemotor

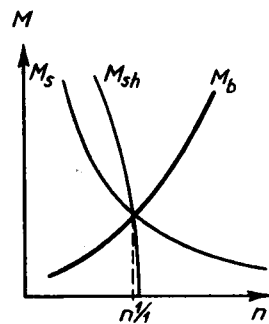


Fig. 7.8.4

$M_s$  = Seriemotor

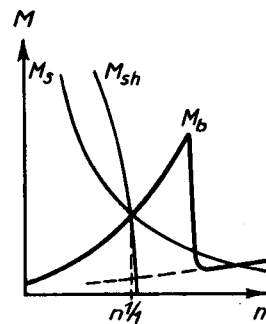


Fig. 7.8.5

$M_{sh}$  = Shuntmotor

Fig. 7.8.4 viser en ventilator karakteristisk med et startmoment på næsten nul, hvorefter momentet med tilnærmelse stiger efter en andengradsfunktion. Både serie- og shuntmotor giver stabil drift, men da ventilatorens masse er lille, og da man - især i tilfælde af neddrøsling af luftkanalerne - ønsker konstant omløbstal, anvendes her altid en shuntmotor.

Fig. 7.8.5 viser momentkurven for en centrifugalpumpe. Kurven svarer til ventilator karakteristikken bortset fra, at der ved et kritisk omløbstal opstår kavitation, hvorefter pumpevirningen ophører og belastningsmomentet falder til næsten nul. (Ved en ventilator vil der ved et vist omløbstal opstå turbulens, dog uden så stor forskel mellem belastningsmomenterne). Centrifugalpumpen er derfor et eksempel på u hensigtsmæssig anvendelse af en seriemotor. Ved et eventuelt stop i vandtilførslen vil seriemotoren drive pumpen op på et meget højt omløbstal, og den vil ikke af sig selv vende tilbage til normal drift, når vandtilførslen igen er etableret.

Det skal understreges, at der i ovenstående udredning ikke er taget hensyn til, at man i mange af de nævnte tilfælde vil anvende en asynkronmotor. I bind 7, VEKSELSTRØSMASKINER OG VEKSELSTRØMS-ANLÆG, er der givet en samlet redegørelse for valg af motortype.

### 7.9. Eksempel

En shuntmotor har den på fig. 7.9.1 viste magnetiseringskarakteristik for  $n = 1500$  O/M. Shuntviklingens modstand er  $200\Omega$ , og ankermodstanden er  $1\Omega$ . Maskinen har kompensationsvikling, således at man kan se bort fra ankerreaktionen.

- 1) Find omløbstallet ved tomgang idet klemspændingen er 220 V. Der ses bort fra tomgangsstrømmens spændingsfald og fra børstespeningsfaldet.
- 2) Beregn omløbstallet ved en fuldlaststrøm på 20 A, idet der ses bort fra tomgangsstrømmens spændingsfald og fra børstespeningsfaldet.



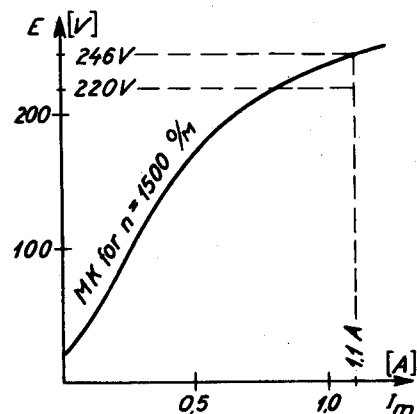


Fig. 7.9.1.

$$1) I_m = \frac{220}{200} = 1,1 \text{ A}$$

$$\text{Heraf fås: } n_t = 1500 \frac{220}{246} = 1340 \text{ 0/M}$$

$$2) \text{ Ved fuldlast fås: } E_{1/1} = 220 \div 1 \cdot 20 = 200 \text{ V}$$

$$\text{Idet } E_0 = 220 \text{ V fås: } n_{1/1} = 1340 \cdot \frac{200}{220} = 1220 \text{ 0/M.}$$

## 8.0. JEVNSTRØMSMASKINENS TAB OG VIRKNINGSGRAD

Jevnstrømsmaskinens virkningsgrad kan bestemmes ved den direkte metode, d.v.s. måling af tilført og afgiven effekt, eller ved den indirekte metode, hvor maskinens tab måles og derefter indgår i en beregning af virkningsgraden.

### 8.1. Den direkte metode til bestemmelse af virkningsgrad

En motors virkningsgrad er givet ved forholdet mellem afgiven mekanisk effekt og tilført elektrisk effekt.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (8.1.1)$$

Den tilførte elektriske effekt måles med amperemeter og voltmeter. Den afgivne effekt kan måles mekanisk, hvis man kan måle motorens omløbstal og afgivne drejningsmoment.

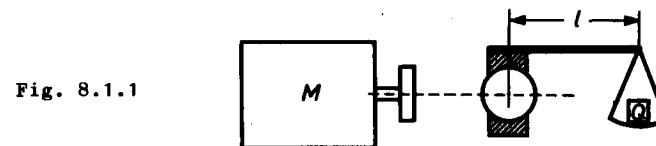


Fig. 8.1.1

Den enkleste metode til måling af drejningsmomentet er anvendelsen af Pronys bremse, se fig. 8.1.1, der simpelthen er en friktionsbremse bestående af to bremsebakker med variabel tilspændingskraft. Den afgivne effekt er bestemt som:

$$P_2 = M \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad [\text{kgm/sek}] \quad (8.1.2)$$

$P_2$  kan beregnes, hvis  $Q$ ,  $l$  og  $n$  måles, idet  $M = Q \cdot l$ . Efter (8.1.2) fås  $P_2$  i kgm pr. sek. Divideres  $P_2$  med 75, er effekten givet i HK, og ganges med 736 fås resultatet i watt. Erstattes  $M$  i (8.1.2) med  $Q \cdot l$ , bliver det endelige udtryk for den afgivne effekt  $P_2$ :

$$P_2 = 1,02 \cdot Q \cdot l \cdot n \quad [\text{W}] \quad (8.1.3)$$

Da hele den afgivne effekt omsættes til varme, kan Pronybremsen kun anvendes til kortvarige målinger. En væsentlig bekvemmere og mere nøjagtig måling fås, hvis man anvender en vippedynamo, som vist på fig. 8.1.2.