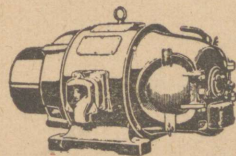


TEHNILISE KIRJASTUSE  
TOIMETISED

Elektron

montaaž

VI. ELEKTRIMOOTORID



INS. V. SEPHANS

PÕLLUMAJANDUSLIKU KIRJASTUSÜHISTU  
„AGRONOOM“ KIRJASTUS



TEHNILISE KIRJASTUSE TOIMETISED

# ELEKTROMONTAAŽ

VI

*ELEKTRIMOOTORID*

INS. V. SEPHANS

KAASA TOOTANUD

INSENERID R. KULBAS, R. RAVA, E. PUUSEPP

12078

---

TALLINN 1943

PÖLLUMAJANDUSLIKU KIRJASTUSÜHISTU „AGRONOOM“  
KIRJASTUS

TEHNILISE KIRJASTUSE TOIMETAJAD

TOIMETAJA: ins. A. PÖDRUS.

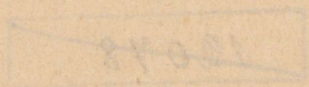
ELEKTROMONTAAS

2



25240

A-11937



Trükikoda „Ühistrükk“, Tallinn.

## I. MOOTOREIST ÜLDISELT.

### 1. Mootori ülesanne.

Elektrimootor muundab temasse juhtmete kaudu saadetud elektrienergia ümber mehaaniliseks energiaks, andes selle võlli kaudu edasi.

Kui mootor jookseb tühjalt, on ta võimsusetarvitus väga väike. Mida rohkem mootorit koormata, s. o. võlli pöörlemist takistada, seda suuremat võimsust võtab ta võrgust ning seda enam ta seejuures soojeneb.

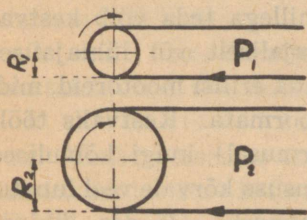
Mootori koormuse piiriks on ühelt poolt maksimaalne temperatuur, milleni mootori sisemus kestval koormusel tohib soojeneda, ja teiselt poolt maksimaalne pöördemoment, missugust mootor arendada, s. o. läbi vedada suudab.

### 2. Pöördemoment.

Mootori võimsus avaldub rihmaratta pinnal või sidurite poltides tõmbejõu ja kiirusena. Tõmbejõu ( $P$ ) ja rihmaratta raadiuse ( $R$ ) korrutist nimetatakse pöördemomendiks ( $M$ ). Pöördemoment näitab, kui tugevalt mootor võlli ringi pöörab või pöörata püüab. Harilikult mõõdetakse  $P$ -d kilogrammides ja  $R$ -i meetreis ning sellele vastavalt on pöördemomendi mõõtühikuks meeterkilogramm.

$$M = P \cdot R \text{ (mkg)}$$

Suurendades rihmaratta raadiust väheneb tõmbejõud ja ümber-



Joon. 1. Pöördemoment.

pöördult. Kui ülekantav võimsus ja tiirud seejuures ei muutu, jääb ka pöördemoment muutumatuks, seega:

$$P_1 \cdot R_1 = P_2 \cdot R_2 \text{ (joon. 1).}$$

Tehakse vahet normaalse (nimi-), maksimaalse ja käivitus- $M$  vahel. Mootori nimi- ehk normaalne pöördemoment on see pöördemoment, mille mootor arendab täiskoormusel ja täistiirude juures.

Mootori maksimaalne pöördemoment on suurim pöördemoment, mida mootor suudab arendada ülekoormusel. Normide kohaselt peab maksimaalne pöördemoment olema vähimalt 1,6 korda suurem nimi-pöördemomendist.

Mootori käivituspöördemoment on see pöördemoment, mille mootor peab arendama käivitamisel, et panna liikuma mootoriga ühendatud töömasin. Käivituspöördemoment võib olla:

väiksem nimi-pöördemomendist — kui mootor käivitatakse tühjalt,

võrdne nimi-pöördemomendiga — kui mootor käivitatakse väikese koormusega,

suurem nimi-pöördemomendist — kui mootor käivitatakse täie koormusega (trammid, auto starterid jne.).

### 3. Mootori nimivõimsus.

Mootori sildil on märgitud tema nn. nimi- (normaal-, nominaal-) võimsus kW-des või HJ-des, millega teda võib kestvalt koormata. Sünnib koormamine vaheajaliselt või lühiajaliselt (kraanad, tõstesillad jne.), võib tarvitada erilisi mootoreid, mida on võimalik lühiajaliselt tugevasti koormata. Kestvaks tööks pole nad harilikult (ka väikesel koormusel) kuigi kõlvulised. Sääraseile mootoreile on märgitud võimsuse kõrvale veel lubatud koormuse kestus: vaheajalisel koormamisel — %-des, lühiajalisel koormusel — minuteis.

Mootori võimsus  $N$  hobujõududes:

$$N = \frac{2 \pi \cdot R \cdot P \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{M \cdot n}{716} \quad (HJ)$$

ja pöördemoment  $M = 716 \frac{N}{n}$  (mkg).

Valemeis tähendavad:  $2\pi R$  — rihmaratta ümbermõõtu ( $m$ ),  
 $P$  — tõmbejõudu ratta pinnal ( $kg$ ),  $n$  — tiirude arvu minutis.

Tavaliselt kasutatavate mootorite võimsused on toodud punktis 62.

#### 4. Mootorite liigitus.

Vastavalt vooluliigile ja elektrilisele ehitusviisile jagunevad mootorid järgmistesse liikidesse:

A. Alalisvoolu mootorid. a) Haruvoolu (šunt-) mootor. b) Peavoolu (series-) mootor. c) Kompaund-mootor.

B. Ühefaasilise vahelduvvoolu mootorid.  
a) Asünkroon- (induktsioon-) mootor. b) Sünkroon-mootor.  
c) Kommutaator- (kollektor-) mootor (peavoolu, haruvoolu, repulsioon).

C. Keerdvoolu mootorid. Liigitus sama, mis ühefaasilise voolu mootoreil (punkt B).

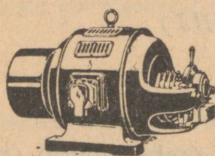
D. Universaal-mootorid. Väikesed kommutaator-mootorid, mis töötavad nii alalis- kui ka vahelduvvooluga.

#### 5. Mootori kere ehitus.

Vastavalt mehaanilisele ehitusele jagunevad mootorid järgmistesse liikidesse:

A. Lahtised mootorid. Ligipääs mootori sisemusse pole takistatud. Odavam ja peamiselt tarvitav tüüp (joon. 2).

B. Poolkinnised mootorid. a) Kaitstud mootor. Mootori sisemus on külgepuutumise ja suuremate kehade sissesattumise eest kaitstud. Sissepääs tolmule, niiskusele, gaasidele ja aurudele on vaba. b) Tilkveekindel mootor — nagu eelmine; pealeselle kaitstud tilkuva vee mootori sisemusse

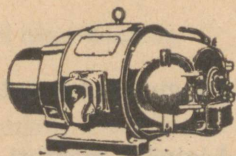


Joon. 2. Lahtine mootor.

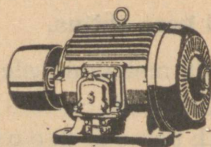
muud töötingimused ei nõua kinniste mootorite kasutamist.

Poolkinnise mootori asemel võib tarvitada ka lahtist, mis on kaitstud oma asendiga või kastiga, kuid viimasel juhtumil ei tohi kast takistada mootori jahutamist (vt. p. 127-I).

C. Kinnised mootorid. a) Kapseldatud mootor. Mootor on täiesti kinnine, puudub igasugune jahutusseade. Jahutamiseks varustatud mõnikord väljastpoolt ribidega. Võimsus umbes 35%, võrreldes niisama suure lahtise mootoriga (joon. 3 ja 4). b) Välispinna ventilatsiooniga mootor. Ehitus nagu eelmisel, kuid võlli otsa asetatud ventilaator puhub jahutusõhku üle mootori välispinna; võimsus umb. 80%, võrreldes lahtise mootoriga. c) Manteljahutusega



Joon. 3. Kinnine mootor.



Joon. 4. Kinnine mootor jahutusribadega.

mootor. Mootori sisemus on keret ümbritseva plekkmantliga ümbrusest täielikult eraldatud. Jahutusõhk tsirkuleerib mantli sees. Mantli välispinna jahutamiseks on olemas tihti veel teine

ventilaator. Võimsus 80%, võrreldes lahtise mootoriga. Väline kuju üldiselt sama, mis kapseldatud mootorilgi. d) Ventilatsioonikinnine mootor. Jahutusõhk juhitakse kõrvalruumist mootoris ja tagasi läbi torude või kanalite. Võimsus 80—90%, võrreldes lahtise mootoriga. e) Vesijahutusega mootor. Kere täielikult kinnine. Mootori sisemuse jahutamine toimub jahutustorudest kere ja välismantli vahelt läbivoolava vee abil. Vesijahutust kasutatakse ainult siis, kui õhkjahutust on raske teostada.

Kinnisi mootoreid kasutatakse peamiselt väljas (kraanadel, laevadel) ja väga märgades, mudaseis või sööbivate gaasidega ruumides.

Tolmuseis ruumides, eriti kui tolmu on voolu juhtiv või kergesti süttiv (söe-, turba- ja osalt jahuveskid, tsemendi- ja soodatööstused, sepikojad jne.), tuleb kommutaator-mootorid valida kinnised. Vahelduvvoolu lühismootorid on tolmu suhtes kaugelt vähem tundelised.

D. Plahvatuskindlad mootorid. Et kinnine, veekindel mootor gaaside suhtes pole absoluutselt tihe ja temperatuuri muutuste tõttu ta sisemus võib „hingata“, siis ehitatakse erilised plahvatuskindlad mootorid selliselt, et nad mootoris tekkinud gaasiplahvatuse (normaalselt arvestatakse 8 atm. ülisurvet) välja kannataksid ning väldiksid plahvatuse levimise ümbruskonda. Plahvatuskindlaid mootoreid kasutatakse söekae- vandustes, lõhkeainefabrikuis — üldse ruumides, kus võib tekkida suuremal hulgal plahvatavaid segusid gaasidest, aurudest (näit. eetrist) või tolmust.

## 6. Isolatsioon.

Normaalisolatsioon. Kui pole seatud üles eritingimusi, tehakse mootorid normaalisolatsiooniga. Viimane on tarvitatav ka niiskeis ruumes, isegi siis, kui õhu niiskus ajutiselt sadeneb (pesumajades, meiereides, õllevabrikuis jne.), tolmuseis

ruumes, kui tolmu voolu ei juhi (puidu- ning portselanitööstused jne.) ja nõrkade sööbivate gaasidega ruumes.

Eriisolatsioonitööd tarvitatakse väga niiskeis, kuumauruseis (näit. troopikas) ja sööbivate gaasidega ruumes. Eriisolatsioonitööd mootoreid valmistatakse eritellimisel.

## 7. Nimi- ja käivitusvoolu tugevus.

Mootori voolutugevus oleneb koormusest. Mootori sildil märgitud voolutugevus tähendab voolutugevust täiskoormusel (nimivõimsusel). Vastavad andmed on toodud punkti 62 all. Käivitamisel on voolutugevus suurem. Käivitusvoolu tõuge on seda tugevam, mida suurema koormusega ja mida kiiremini mootor käivitatakse. Selle soovimatu voolutõuke vähendamiseks kasutatakse käivitajaid.

Mootori otsesel sisselülitamisel tühjalt kestab voolutõuge väga lühikest aega (ca 0,1 sek.), seega kaitsmed võivad olla vähemad kui käivitusvoolu tippsuurus (vt. p. 62). Otsesel täie koormusega sisselülitamisel jääb käivitusvoolu tippsuurus peagu samaks mis tühjalt, kuid kestab palju kauemat aega.

Tabel 1. Käivitus- ja nimivoolu tugevuse suhe.

	Tühjalt või poole <i>M</i> -ga *)	Täie <i>M</i> -ga	Kahe- kordse <i>M</i> -ga
<b>Alalisvoolu mootorid:</b>			
Peavoolu m. otsesel sisselülitamisel ....	2	2,5—3	3 —4
„ „ „ käivitiga .....	0,7—1	1,3—1,5	1,7—2
Haruvoolu m. otsesel sisselülitamisel ...	10	—	—
„ „ „ käivitiga .....	0,7—1	1,3—1,5	1,7—2,5
<b>Keerdvoolu mootorid:</b>			
Otsesel sisselülitamisel .....	5 —7	—	—
Täht-kolmnurk-lülitiga .....	2 —2,5	—	—
Kahekordsete uretega mootoril täht- kolmnurk-lülitiga .....	1,5—1,7	—	—
Käivitiga .....	0,7—1	1,3—1,5	1,7—2,5

\*) *M* = nimi-pöördemoment.

## 8. Ülekoormus.

Kauemat aega täiel koormusel töötanud (soe) mootor peab 2 minuti kestel taluma 1,5-kordset ülekoormust.

Vaheajalisel või lühiajalisel koormamisel peavad harilikud mootorid vähimalt 1,6-kordse ja eriti niisugusele koormusele määratud (näit. kraana-) mootorid vähimalt 2-kordse nimi-pöördemomendi arendama. Vanematüübilised masinad taluvad enamikus suuremat ülekoormust kui uued, milledes materjal on täielikumalt ära kasutatud.

## 9. Tiirud.

Mida kõrgemad on tiirud, seda väiksem, kergem ja odavam on mootor. Liiga kõrgete tiirude juures raskeneb aga rihmülekanne. Rihmülekanne korral on tiirud kuni 5,5 kW-ni harilikult 1200 — 2000, harvem kuni 3000, 5,5 — 22 kW-ni 1000 — 1500 ja üle 22 kW 600 — 1200 pööret minutis.

Vastavalt tiirude sõltuvusele mootori koormusest jagunevad mootorid kolme rühma: a) tiirud on püsivad igasugusel koormusel (näit. sünkroon-mootorid); b) tiirud langevad koormamisel veidi (mõni %) — mootorid haruvoolu karakteristikuga (näit. haruvoolu ja asünkroon-mootorid); c) tiirud langevad koormamisel tunduvalt (üle 20%) — mootorid peavoolu karakteristika (näit. peavoolu ja repulsioon-mootorid).

Mootorid võivad oma iseloomult kuuluda ka teise ja kolmanda rühma vahepeale (näit. kompaund-mootor).

## 10. Pöörlemise suund.

Pöörlemise suunda nimetatakse parempoolseks (nn. paremkäik), kui masin pöörleb rihmaratta (või siduri) poolt vaadatuna kellaosuti suunas; kellaosuti suunale vastupidist pöörlemist nimetatakse vasakpoolseks (vasakkäik).

Normaalseks pöörlemise suunaks loetakse parempoolne. Pöörlemise suuna muutmisest alalisvoolu mootoreil vt. p. 23, keerdvoolu mootoreil — p. 43.

Erijuhtumeil, kui mootor on määratud ainult ühele pöörlemise suunale, on see märgitud mootori sildil noolega:  $\Rightarrow$   $\rightarrow$  parempoolne ja  $\Leftarrow$   $\leftarrow$  vasakpoolne suund; pealeselle märgitakse teine suunda näitav nool harilikult veel laagrihoidjale või võlliotsale.

## 11. Kasutegur ja võimsusetarvitus.

Mehaanilist võimsust võllil mõõdetakse kas kilovattides (kW) või hobujõududes (HJ);  $1 \text{ kW} = 1,36 \text{ HJ}$  ja  $1 \text{ HJ} = 0,736 \text{ kW}$ .

Elektrilist võimsust juhtmeis mõõdetakse ainult kW-des.

Juhtmete kaudu mootorisse antav elektrienergia hulk on alati suurem kui võllilt saadav mehaaniline energia: osa energiast läheb mootoris mähiste takistuse, hüstereesi, pöörisvoolude, hõõrumise jne. tõttu soojusena kaotsi.

Suhe

$$\frac{\text{kW-id võllil}}{\text{kW-id juhtmeis}} \quad \text{ehk} \quad \frac{\text{mehaaniline võimsus}}{\text{elektriline võimsus}} = \text{mootori kasutegur } \eta.$$

Mootori kasutegur määrab, kui suur osa mootorile antud elektrilisest võimsusest saadakse võllilt mehaanilise võimsusena.

Kasutegur väljendatakse %-des või murdarvuna. Elektrimootoreil on kasutegur nimikoormusel 0,75 — 0,92 (vt. p. 24 ja 44).

Alalisvoolu mootoril on võimsus:

$$N \text{ võllil} = N \text{ juhtmeis} \times \eta = U \cdot I \cdot \eta \quad (W).$$

Keerdvoolu mootoril:

$$N \text{ võllil} = N \text{ juhtmeis} \times \eta = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta \quad (W).$$

Tabel 2. Mootori võimsusetarvitus 1 HJ kohta (võllil), olenevalt kasutegurist.

Kasutegur %	70	75	80	85	90	95	100
Võimsusetarvitus kW-des	1,05	0,98	0,92	0,87	0,82	0,77	0,736

## 12. Soojenemine.

Töötamisel soojeneb mootor — seda enam, mida suurem on koormus ja mida halvem on jahutus. Temperatuur masina osades ei tohi tõusta üle allpool märgitud suuruste: a) Mähised üldiselt (ankur, rootor, ergutusmähis): immutamata kiudainest isolatsiooniga (puuvill, paber jne.) —  $85^{\circ}\text{C}$ ; lakktraat ja immutatud või õlis asetsev kiudaine —  $95^{\circ}\text{C}$ . b) Vahelduvvoolu staator —  $10^{\circ}\text{C}$  vähem kui punktis a. c) Ühekihilised ergutusmähised —  $10^{\circ}\text{C}$  enam kui punktis a. d) Kommutaator ja kontaktrõngad —  $95^{\circ}\text{C}$ . e) Laagrid —  $80^{\circ}\text{C}$ .

Aluseks on võetud jahutusõhu temperatuur  $+35^{\circ}\text{C}$ . Kui mootori proovimine toimub madalamal temperatuuril, peavad olema ka masina osad vastavalt madalama temperatuuriga.

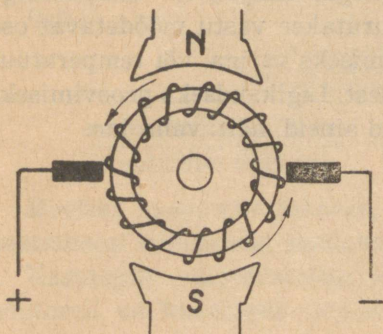
Mõõtmine toimub termomeetriga, kusjuures tinapaberiga ümbritletud termomeetri kuul surutakse vastu mõõdetavat osa ja kaetakse pealt jahtumise vältimiseks vatiga, või temperatuur arvutatakse takistuse suurenemisest. Ligikaudseks proovimiseks võib kasutada ka kergesti sulavaid aineid, näit. vaha jne.

## II. ALALISVOOLU MOOTORID.

### A. Üldandmed.

#### 13. Tööviis.

Alalisvoolu mootorid töötavad osas „Elektriteooria“ p. 42 ja 43 kirjeldatud elektrodünaamiliste jõudude mõjutusel. Tööviisi selgitamiseks on joonisel 5 toodud alalisvoolu mootor vananenud, ajaloolisel kujul. Magnetpooluste *N* ja *S* vahele, völliile, on aset-



Joon. 5. Alalisvoolu mootori ehitus-skeem.

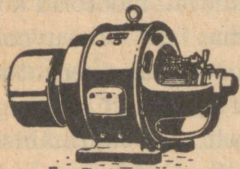
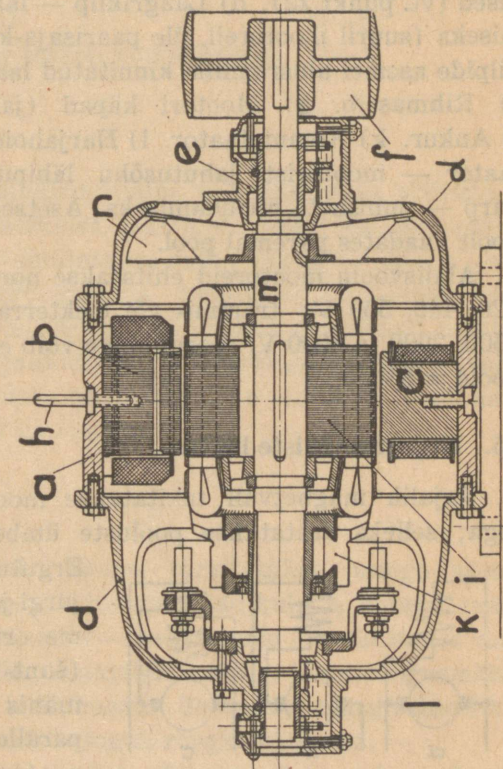
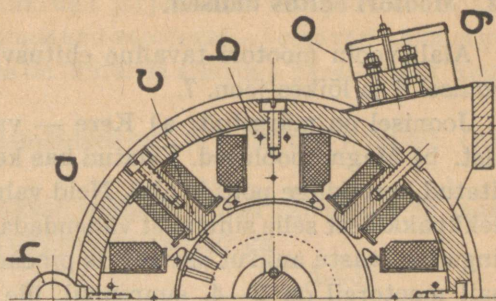
tatud a n k u r. Viimaseks on raudplekkidest rõngas, millele on spiraalikujuliselt mähitud isoleeritud vasktraat. Mähise välispinnal on isolatsioon kõrvaldatud ning pooluste vahel kohal, nn. n e u t r a a l j o o n e l puudutab teda kaks söest või pronksist harja.

Harjade ühendamisel elektri vooluallikaga voolab elekter pluss-harjast mähisesse, jaguneb seal kahte ossa — pool

läheb läbi ülemise, pool läbi alumise ankrumähise osa, ühinedes ja välja tulles miinus-harja kaudu. Kuna iga juhe voolu läbimisel hakkab magnetväljas liikuma, sunnivad ülemisel poolel asetsevad keerud ankrut liikuma vasakule, kuid alumisel, kus voolusuund on vastupidine, paremale, mistõttu ankur hakkab pöörlema noole suunas. Pöördemoment on võrdeline masina magnetvoo ja ankruvoolu tugevusega. Kuna harjad seisavad paigal, jääb ka voolujaotus, vaatamata pöörlemisele, endiseks ja ankur pöör-

leb kestvalt. Voolu-  
suuna muutmisel ank-  
rus muutub ka pöör-  
lemise suund.

Ülaltoodud rõngas-  
ankur (Grammi rõn-  
gas) omab rea puu-  
dusi: mähkimine on  
tülakas, sisepinnal  
asetsevad keerud  
pöörlemisel kaasa ei  
aita jne. Seepärast ka-  
sutatakse praegu ai-  
nult veel allpool kir-  
jeldatud t r u m m -  
a n k r u t; pealeselle  
juhatakse vool ank-  
russe erilise vaskkla-  
mellidest koostatud  
silindri — k o m m u -  
t a a t o r i a b i l.



Joon. 6. Alalisvoolu  
mootor.

Joon. 7. Alalisvoolu  
mootor lõikes.

#### 14. Mootori ehitus üldiselt.

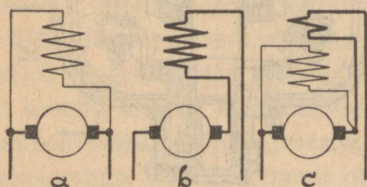
Alalisvoolu mootori tavaline ehitusviis on näidatud väliselt joonisel 6 ja lõikes joon. 7.

Joonisel on märgitud: a) Kere — valatud terasest või malmist. b) Magnetpoolused. Valatud kas kerega ühes tükis või kinnitatud kere külge poltide abil. Neid valmistatakse mõnikord ka plekkpakkidest selle sihiga, et vähendada pöörisvoolusid pooluste kingades (vastu ankrut asetsevais pindades). Pooluste arv vähemal mootoreil on 2—4, suuremal, üle paarisaja-kW-seil kuni 12 ja enam. Poolused *N* ja *S* asetsevad vaheldumisi. c) Lisapoolused (vt. punkt 22). d) Laagrikilp — laagri ja ankruvõlli kandmiseks (suuril mootoreil, üle paarisaja-kW, kasutatakse laagrikilpide asemel alusraamile kinnitatud laagripukke). e) Laager. f) Rihmaseib. g) Mootori käpad (jalad). h) Tõsterõngas. i) Ankur. k) Kommutaator. l) Harjahoidja. m) Võll. n) Ventilaator — mootorist jahutusõhu läbipuhumiseks. o) Klemmkarp — juhtmete ühendamiseks. Asetseb tavaliselt rihmaratta poolt vaadates paremal pool.

Alalisvoolu mootoreid ehitatakse normaalselt pingetele 110, 220, 440, 550 V; trammi- või elekterraudteedel — 750, 1000, 1500, 2000 ja 3000 V. Võrgupinge võib erineda ühele või teisele poole  $\pm 5\%$ .

#### 15. Ergutusmähiste lülitus.

Vajalik magnetväli tekitatakse mootoreis elektromagnetitega; selleks asetatakse pooluste ümber ergutusmähis.



Joon. 8. Haruvoolu, peavoolu ja kompaund-mootori skeem.

Ergutusmähise lülitusviisi järgi jagunevad mootorid kolme rühma: a) haruvoolu (šunt-) mootorid — ergutusmähis on lülitatud ankruga paralleelselt, nn. šuntmähisena (joon. 8-a); b) peavoolu (series-) mootorid — ergu-

tusmähis on lülitatud ankruga järjestikku, nn. peavoolu mähisena (joon. 8-b); c) kompaund-mootorid — omavad kaks ergutusmähist, kusjuures üks on lülitatud ankruga paralleelselt, teine järjestikku.

Võimsuskadu ergutusmähisel on 1% (suurtel) kuni 5% (väikestel masinatel).

Normaalselt tähistatakse mähiste otsad skeemidel ja masinate klemmkarpides alljärgnevate tähtedega:

Ankur	A—B
Haruvoolu mähis	C—D
Peavoolu mähis	E—F
Lisapoolused	G—H
Välisergutus (eraldi vooluahelast)	J—K

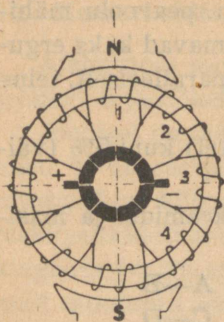
## 16. Ankur.

Ankur ehitatakse silindrikujuline ja koostatakse pöörivoolude vähendamiseks üksikuist, lakiga või paberiga isoleeritud raudplekkidest. Võllile kinnitatakse ankur pikuti kiiluga ja kuumalt pealepressitud otsrõngastega, mõnikord ka poltide abil. Mähise paigutamiseks on välispinnal uurded. Suuremail mootoreil on üksikute plekkpakkide vahel jahutuskanalid. Õhuvähe (õhupilu) ankru ja pooluse kinga vahel on tavaliselt 1—2 mm, väga suurtel mootoritel ka suurem.

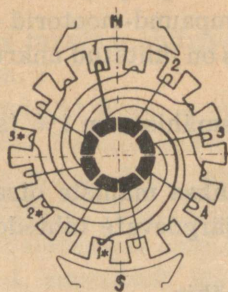
## 17. Ankru mähised.

Rõngasmähise (p. 13) asemel tarvitatakse praegu ainult trumm-mähist. Paremusel: väiksem traadikulu ja lihtsam mähkimine; üksikud mähisepoolid — sektsioonid — mähitakse šabloonil valmis ja alles siis asetatakse kohale, kuna rõngasmähis tuleb mähkida käsitsi, keerdhaaval. Skeemidel märgitakse lihtsuse mõttes ka trumm-mähis sageli rõngasmähisena.

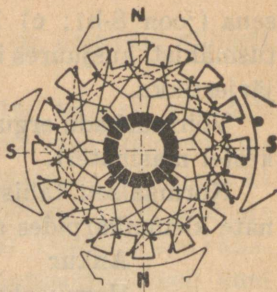
Joonisel 9 on näitena toodud väikese rõngasankru skeem. Terve mähis koosneb kaheksast osast — sektsioonist, millele vas-



Joon. 9.  
Rõngasankur.



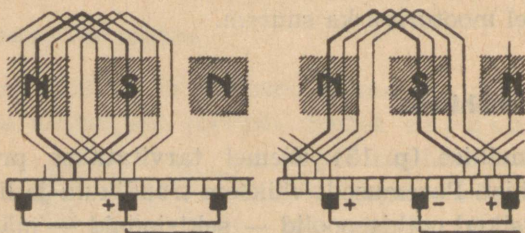
Joon. 10.  
Trummankur 2- ja 4-pooluselisele masinale.



Joon. 11.

tavad 8 kommutaatori lamelli ehk lesta. Sama mähis on joon. 10 toodud trumm-mähisena. Põhimõtteline skeem jääb endiseks: mähis kujutab kinnist ahelat, kus esimese mähise lõpp (1\*) ühendatakse teise algusega (2) jne.

Üksik seksioon on joon. 9 märgitud kolme, joon. 10 üheainsa keeruga. Tegelikult on keerdude arv seda suurem, mida kõrgem on pinge ja mida väiksem on masin (ja vastavalt ta magnetvoog). Suuremail mootoreil tõuseb seksioonide ja ühtlasi kommutaatori lestadete arv paarisajani.



Joon. 12. Silmus- ja lainemähise laotusskeemid.

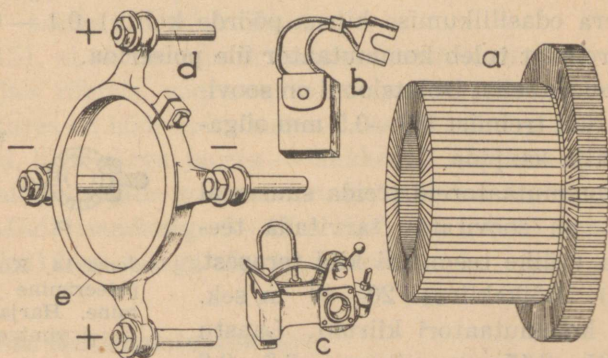
Rõngasankur jääb ühesuguseks igasuguse magnetpooluste arvu juures, suureneb ainult harjade ja tarbe korral ka lestadete arv; trummankur tuleb aga mähkida vastavalt pooluste arvule

(joon. 11). Mitmepooluselistel masinatel on olemas seejuures kaks mähkimisviisi: silmus- ja laineline, mis lahtilaotatult on näidatud joon. 12.

## 18. Kommutaator (kollektor).

Kommutaator (kollektor) kujutab vask- või pronkslestadest koostatud silindrit (joon. 13-a). Need hoitakse koos sisemise koonuse abil (joon. 7). Lestade arv kõigub paarikümne ja paarisaja vahel, olenedes pingest ja osalt ka masina suuruselt.

Üksteisest ja koonusest on lestad isoleeritud mikaniidi abil; ankrupoolses otsas on neil nn. lipp — ankrujuhtmetega ühendamiseks.



Joon. 13. Harjahoidja ja kommutaator.

Kommutaator on elektrimasina õrnim osa ning vajab korralikku hooldamist. Pärast seismajätmist tuleb seda puhastada puhta kuiva või bensiinis niisutatud lapiga. Tarbe korral võib seda teha ka käigu ajal isoleeritud alusel seistes või lauatiiki ümber seotud lapiga.

Kommutaator töötab kuivalt, määrimine ei ole soovitatav; ainult erijuhtumel, eriti kui harjad kriuksuvad, võib kommutaatorit õige kergelt määrida vaseliini või steariiniga.

On kommutaatori pind krobeline, must, põlenud kohtadega, lestad vahelt väljaulatuva isolatsiooniga jne., siis tuleb teda

poleerida. Poleerimine toimub õõnsale puuklotsile kinnitatud klaas- või karborundpaberi abil (joon. 14), mida enne määritakse kergelt vaseliiniga; veel paremad on selleks erilised poleerimiskivid. Poleerida võib täiskiirusega, voolu all ja tühijooksul, vajaduse korral võib ühe harjahoidja kõrvaldada.

Äärmisel juhul, kui kommutaator on lopergune või auklik, tuleb ta üle treida või lihvida. Pisemaid kommutaatoreid treitakse pingil, suuremate jaoks monteeritakse koha peale suport, vedaja mootor, ning võlli ühele poole otsa travers, võlli vastu rõhuva kuuliga, et vältida võlli „mängu“ piki telge.

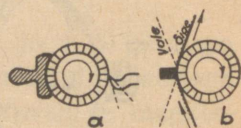
Välispinda tuleb maha võtta nii vähe kui võimalik, kuna kommutaator tuleks paari treimise järel uuendada. Lõikekiirus mitte üle 20—50 cm/sek. Treida tuleb vaheda teraga. Laastu laius (tera edasiliikumise kiirus pöörde kohta) 0,1—0,3 mm. Pärast treimist tuleb kommutaator üle poleerida.

Lestadevahelist isolatsiooni on soovitatav pärast treimist 0,3—0,5 mm sügavuselt välja kaapida.

On kommutaatoreid treida suuremal arvul — on soovitatav tarvitada teemanttera (väike teemandi kild terasest pidemes). Lõikekiirus 20—40 m/sek. (harilik kommutaatori kiirus). Laastu laius 0,05—0,15 mm, sügavus 0,2—0,8 mm. Paremused: 1) suur töökiirus, 2) annab peene laastu tõttu korrapealt poleeritud ja libeda pinna, mis ei vaja mingit järelpoleerimist.

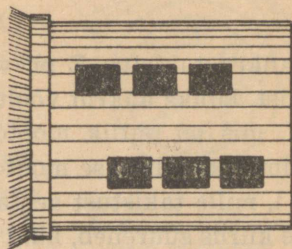
## 19. Harjad.

Kommutaatoril libisevad kontakti andmiseks söest või metallist harjad (joon. 13-b). Harjad kinnitatakse harjahoidja *c* abil poldi *d* külge. Polt omakorda asetseb isoleeritult prilli *e* küljes. Harjade arv üksikul poldil kõigub 1 ja 10 vahel, olenedes voolutugevusest. Poltide arv on võrdne pooluste arvuga, kusjuures + ja — poldid asetsevad vaheldumisi.



Joon. 14. Kollektori poleerimine ja treimine. Harjade lihvimine.

Kulunud harjade uuendamisel tuleb kasutada võimalikult valmistaja firma poolt ettekirjutatud ning kõigi harjade jaoks ühtlast materjali. Vastasel korral võivad harjad sädelema hakata või kuumeneda. Suurte kiiruste juures (näiteks turbo-masinail) kasutatakse väikese hõõrdeteguriga, grafiidirikkaid süsi, suurte voolude juures seevastu metalliseeritud sütt, mis annab parema kontakti. Pealeasetamisel tuleb süsi smirgel- või karborundpaperiga hoolikalt sisse lihvida (joon. 14-b). Piki polti tuleb harjad asetada vaheldumisi (joon. 15), et kommutaator kuluks ühetasasemalt.



Joon. 15. Harjade asetus.

Harjale rõhuva vedru surve on reguleeritav. Liiga tugeva surve juures on hõõrumine suur — harjad kuluvad ruttu ja kuumenevad, liiga nõrga juures — hakkavad hüplema ja sädelema.

Tavaline harjade koormus on: puhas kõva süsi 6—8 A/cm<sup>2</sup>, süsi grafiidi lisandusega 8—10 A/cm<sup>2</sup>, süsi metalli (pronksi- või vasepulbri) lisandusega 12—15 A/cm<sup>2</sup>.

## 20. Vastu-elektromotoorne jõud.

Pöörlemisel löikavad juhtmed magnetvälja. Seetõttu tekib mootori ankrumähises, nagu dünamoski, elektromotoorne jõud  $E$ , mis välisele võrgupingele  $U$  on vastu suunatud.

Ankruvoolu tugevus amprites on

$$J = \frac{U - E}{R} \quad (A),$$

kus  $R$  on ankrusisetakistus oomides. Tühijooksul on  $E$  peagu võrdne  $U$ -ga ja vool seetõttu väga väike, koormamisel väheneb ankrupöörlemise kiirus, väheneb  $E$  ja seetõttu suureneb voolutugevus  $J$ .

## 21. Käivitamine.

Seisva mootori vastu-elektromotoorne jõud  $E$  on null, ning ankruvool mootori ühendamisel otse võrgupingega oleks

$$J = U : R \quad (A).$$

Et ankru takistus  $R$  on väga väike, harilikult ainult murdosa oomist, läbiks ankrut voolu sisselülitamise momendil liiga tugev vool, mis on ohtlik mootorile kui ka ühendusjuhtmeile. Selle vältimiseks lülitakse mootori ette reguleeritav takistus — käivititi, mille takistust aeglaselt, sedamööda kuidas ankru pöörlemise kiirus suureneb, kuni nullini vähendatakse.

Ilma käivitita, otsese sisselülitamisega, võib käivitada: peavoolu mootoreid, igasuguse pingega, ka koormusel, võimsusega umbes kuni 1,1 kW, ja haruvoolu mootoreid võimsusega umbes kuni 0,33 kW ja 220 volti, kui neid käivitatakse tühjalt ning kui sisselülitamisel tekkinud nimivoolu tugevusest kuni 10 korda tugevam voolutõuge ei tekita raskusi.

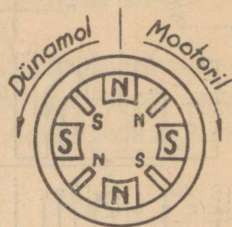
## 22. Lisapoolused.

Harjad peavad asetsema neutraaljoonel, s. o. neil kommutaatori lestadel, mis on ühendatud neutraaljoonel asetseva ankru sektsioonidega. Tühijooksul asetseb neutraaljoon täpselt pooluste vahel; koormamisel nihkub ta ankru magnetvälja mõju — ankrureaktsiooni — tõttu pöörlemise vastusuunas veidi edasi. Harjad hakkavad sädelema ning neid tuleb samuti edasi nihutada, seda rohkem, mida suurem on koormus. Harjade nihutamise asemel asetatakse ankruvälja hävitamiseks neutraalses vöös peapooluste vahele tavaliselt väikesed nn. lisapoolused, millede mähis on lülitatud ankruga järjestikku ning mis annavad sädemete hävitamiseks vajaliku vastu-elektromotoorse jõu. Lisapooluste polaarsus on näidatud joon. 16. Suurte võimsuste juures (üle paarisaja kW), eriti turbomasinail, võetakse abiks veel kompensatsioonimähis. Viimane asetatakse pooluste kingades asetsevaisse uurdeisse nii, et mähise

üks külg on N- ja teine S-poolusel. Mähis lülitakse järjestikku ankruga, nii et selle magnetvälja mõju oleks vastupidine ankruga magnetvälja mõjule.

Kui masin töötab dünamona (vt. p. 29), muutub voolusuund ja sellega ühtlasi polaarsus nii ankrus kui ka lisapoolustes, seetõttu ei tule üleminekul mootorina töötamiselt dünamo töötamisele lisapooluseid ümber lülitada. Ilma lisapoolusteta dünamol tuleb koormamisel harju nihutada pärisuunas ankruga pöörlemisele.

### Pöörlemise suund



Joon. 16. Lisapooluste polaarsus.

### 23. Pöörlemise suund.

Normaalselt saadetakse mootorid välja lülitusega parempoolse pöörlemise suuna jaoks (vt. p. 10). Pöörlemise suuna muutmiseks tuleb voolu suund muuta kas ankrus või ergutusmähises, vahetades selleks juhtmed klemmlaual (joon. 17, 18 ja 20) ning tarbe korral nihutades harju (vt. p. 22).

### 24. Kasutegur.

Lahtiste alalisvoolu mootorite kasutegur täiskoormusel on toodud järgmises tabelis (pinge 110, 220 või 440 V).

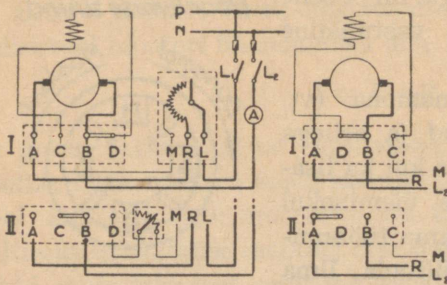
Tabel 3. Alalisvoolu mootorite ligikaudne kasutegur täiskoormusel.

Võimsus kW	T i i r u d m i n u t i s						
	3000	2000	1500	1000	750	600	500
0,2	68	67	66	62	—	—	—
0,7	73	74	72	70	—	—	—
1,0	75	75	74	72	—	—	—
5	82	82	82	80	79	78	76
10	—	84	84	83	82	81	80
50	—	—	88	88	88	88	87

## B. Haruvoolu (šunt-) mootor.

### 25. Lülitus.

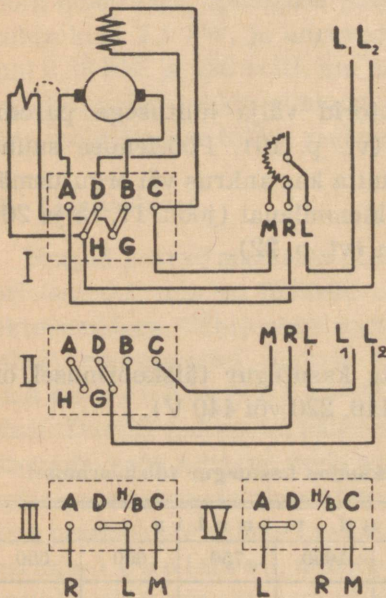
Haruvoolu mootoril on ergutusmähised lülitatud ankruuga paralleelselt. Suurem osa voolust läheb läbi ankru, ainult 1—5% läbib ergutusmähise. Magnetmähis on peenest traadist, keerde harilikult paar tuhat. Lülitus on näidatud jooniseil 17 ja 18: *MRL* käiviti, *AB* ankrumähise, *CD* haruvoolu mähise, *GH* lisapooluste mähiste klemmid. Tavaliselt kasutatakse joonisel 17 vasakul märgitud klemmide järjekorda, harvem ka paremal pool märgitud. Haruvoolu mähise ots *C* viiakse käiviti kaudu kahel põhjusel: et võimaldada ka ergutusvoolu sisse- ja väljalülitamist käiviti abil ja et vältida kõrgeid oma-induktsiooni (ekstra-) pingeid voolu katkestamisel (ankru- ja ergutusmähis jäävad omavalhel kinniseks vooluringiks, kus ekstravool aeglaselt kaob).



Joon. 17. Šuntmootori lülitus.

I — parempoolse (ülal),

II — vasakpoolse pöörlemise suuna jaoks.



Joon. 18. Šuntmootor lisapoolustega.

I — parempoolse, II — vasakpoolse pöörlemise suuna jaoks. III — lihtsustatud klemmlaud parem- ja IV — vasakpoolsele pöörlemisele.

Paljud firmad ühendavad lisapooluste kasutamisel  $B$ - ja  $G$ -klemmi või  $A$ - ja  $H$ -klemmi mootori sees kokku (joon. 18), nii et klemmlaual on ainult 4 klemmi; esimesel juhul tuleb  $B$  ja  $G$  asemel  $H/B$ , teisel juhul  $A$  ja  $H$  asemel  $G/A$ .

Mis suunas vool mootorisse lastakse, ei ole olulise tähtsusega. Klemmide  $L_1$  ja  $L_2$  vahetamisel muutub voolusuund nii ankrus kui ka ergutusmähises ja ankru pöörlemise suund jääb endiseks.

## 26. Tiirud.

Alalisvoolu mootoreid saab ehitada igasuguste tiirude jaoks. Ühtluse mõttes keerdvoolu mootoritega kasutatakse harilikult alljärgnevaid suurusi: 3 000, 2 000, 1 500, 1 200, 1 000, 750, 600, 500 pööret minutis.

Tiirude valiku kohta vt. p. 9.

Tiirud haruvoolu mootoril on peagu püsivad, langedes tühi-  
jooksult täiskoormuseni ainult mõne protsendi võrra (vt. joon. 19).

## 27. Tiirude reguleerimine.

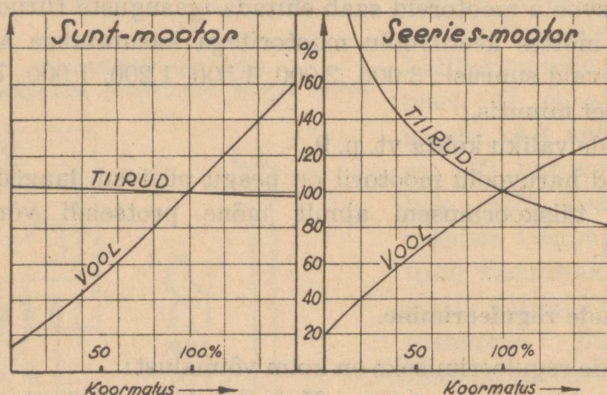
Tiirude reguleerimiseks on kolm võimalust:

a) **Eeltakistusega.** Kui asetada mootori ette eeltakistus, väheneb voolutugevus (või teiste sõnadega — tööpinge, sest osa pingest hävib eeltakistuses) ja mootori tiirud langevad. Eeltakistus on niisamasuguse ehitusega kui käivitigi, kuid kogu poollest suurem, sest et ta alatiselt voolu all seistes suuremat jahtumispinda vajab. Tiirude reguleerimine eeltakistusega on seotud suure energiakaoga ning seepärast majanduslikult ebasoovitav, pealegi sel juhul haruvoolu mootor omab osaliselt peavoolu mootori iseloomustavaid omadusi: koormuse vähenemisel tõuseb pöörlemise kiirus.

b) **Ergutusregulaatoriga.** Kui magnetvälja nõrgendada, asetades ergutusvoolu ahelasse reguleeritava takistuse, nn. ergutusregulaatori (ehk tiiruregulaatori) [vt. joonisel 17 — all vasakul], tõuseb pöörlemise kiirus. Põhjus:

magnetvälja nõrgenemisega väheneb ankru vastu-elektromotoorne jõud  $E$ , seetõttu suureneb aga  $J$ , pannes ankru kiiremini pöörlema, kuni  $E$  saavutab endise suuruse. Hariliku mootori tiirusid võib sel teel tõsta kuni 15% (s. o. vahekorras 1 : 1,15); soovitakse suuremat reguleerimise võimalust (maksimaalselt kuni vahekorraneni 1 : 3), tuleb selleks mootori tellimisel avaldada erisoov.

c) Pinge muutmisega. Mootori tiirus on tühijooksul pingele ligikaudu võrdelised. Tõuseb näit. pinge 2 korda — suu-



Joon. 19. Šunt- ja seeriesmootori karakteristikud.

renevad ka tiirus 2 korda ja ümberpöörduvalt. Pinge muutmisega reguleerimist kasutatakse erijuhtumel, näit. paberikalanderi, rauavaltside jne. juures. Harilik mootor ajab ringi dünamot, viimane omakorda annab voolu reguleeritavale mootorile (Leonard-lülitus). Reguleerimine ja käivitamine toimuvad dünamo pinge reguleerimisega.

## 28. Kasutamine.

Alalisvoolu juures tarvitatakse enamasti šuntmootorit, mis on kasutatav igal pool, kus vaja püsivat pöörlemise kiirust, näit. transmissioonide, üksikute tööpinkide, pumpade jne. käivitami-

seks. Mootori suuruse valiku kohta on täpsemad andmed toodud käesoleva teose VII osas.

Vajatakse mootorit vahelduva pöörlemise suunaga, s. o. vahelduvalt edasi-tagasi pöörlevat mootorit, siis saab kasutada ka harilikke šuntmootoreid; soovitatavamad on sel juhul aga erilised kompaund-mähisega varustatud *r e v e r s i i v - m o o t o r i d*.

## 29. Mootor generaatorina.

Üht ning sama alalisvoolu masinat saab kasutada nii dünamona kui ka mootorina. Dünamona töötades on masina võimsus klemmidel kW-des ligikaudu niisama suur (0—10% vähem) kui sama masina võimsus HJ-des mootorina töötades; tiirud peavad olema, arvesse võttes 5% kõrgemat pinget dünamol, 40% (masinail alla 10 kW) kuni 25% (üle 20 kW) kõrgemad.

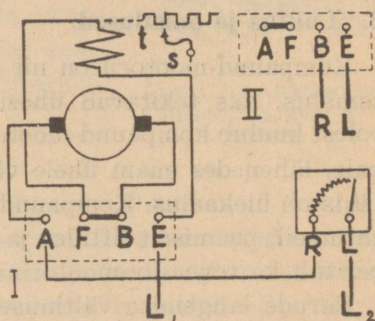
Näide: 10 HJ, 220 V ja 1000 tiiruline mootor dünamona töötades peab 230 V juures tegema ca 1400 pööret minutis, andes 9—10 kW, tarvitades völlil 15—17 HJ.

Tõusevad šuntmootori tiirud mingil põhjusel, näit. trammidel allamäge sõites, üle tühijooksu tiirude — hakkab ta dünamona töötama, s. o. annab energiat võrku tagasi.

### C. Peavoolu (series-) mootor.

## 30. Lülitus ja omadused.

Peavoolu (series-) mootoril on ergutusmähised ühendatud ankruga järjestikku, nii et ankrut läbiv vool läbib ka magnetmähised. Mähis ise on jämedast traadist, kerde igal poolusel harilikult paarikümne ümber. Lülitus on näidatud joon. 20, kus *LR* — käiviti, *AB* — ankur, *FE* — ergutusmähise klemmid, *t* ja



Joon. 20. Peavoolu (series-) mootori lülitus.  
I — parempoolse, II — vasakpoolse pöörlemise suuna jaoks.

s — magnetregulaator (ergutusmähise šunt — kasutatakse harva). Tiirud ei ole püsivad — koormuse suurenemisel langevad ja ümberpöörduvad (joon. 19); tühjalt mootori tiirud tõusevad nii kõrgele, et mootor võib puruneda. Tiirude reguleerimine on võimalik ergutusmähise šunteerimisega (joon. 20 t—s), kuid teatavale koormusele väljareguleeritud tiirud muutuvad automaatselt koormuse muutmisele vastavalt.

Käivitamisel on peavoolu mootoril väga tugev, normaalsega võrreldes umbes 3-kordne pöördemoment.

### 31. Kasutamine.

Peavoolu mootorit kasutatakse elekterraudteede, bagerite, tõstemasinate, pöörd- ja klappside, mõnikord ka tsentrifugaalpumpade jne. käivitamiseks; üldse igal pool, kus mootorit tuleb käivitada suure koormuse all, kus koormuse muutumisel tiirud võivad muutuda ning kus tühjooksu ette ei saa tulla; viimasel põhjusel peab jõuülekanne toimuma kindlalt: võlli, hammas- või tigurataste abil. Rihm- ja köisülekanne pole siin kõlvuline, sest rihm võib katkeda või seibidelt ära libiseda ning mootor võib tühjalt puruneda.

#### *D. Kompaund-mootor.*

### 32. Lülitus ja omadused.

Kompaund-mootoril on nii peavoolu kui ka haruvoolu ergutusmähis, mis tekitab ühesuunalise magnetvälja. Omaduste poolest kuulub kompaund-mootor haru- ja peavoolu mootori vahepeale, lähenedes enam ühele või teisele sellest olenevalt, kumb mähis on ülekaalus. Kompaund-mootorit kasutatakse ainult eri-juhtumel, peamiselt liftides ja tõstemasinais, nõrgalt kompaundeeritult ka reversiiv-mootorina.

Tiirude langemise vältimiseks kasutatakse mõnikord harva ka haruvoolu mootoreid, mis on varustatud väikese haruvoolu mähisele vastutöötava kompaundmähisega (vastukompaund- ehk diferentsiaal-mootor).

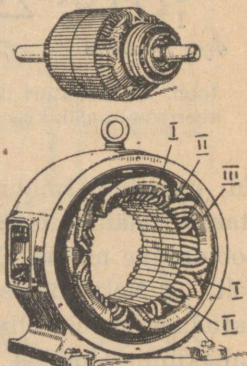
### III. VAHELDUVVOOLU MOOTORID.

#### A. Asünkroon- (induktsioon-) mootorid.

#### 33. Ehitus- ja tööviis.

Vahelduvvoolu asünkroon-mootorid töötavad pöörleva magnetvälja poolt esilekutsutud elektrodünaamiliste jõudude mõjul (vt. Elektriteooria p. 46 ja 65).

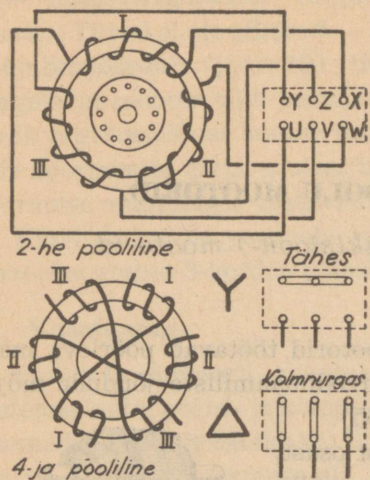
Mootor koosneb paigalseisvast osast, nn. staatorist ning selle sees, võllil asetsevast pöörlevast osast, nn. rootorist (joon. 2 ja 21). Staatorile on asetatud kolmefaasiline mähis: viimase keerdvoolu võrguga ühendamisel tekib staatoris pöörlev magnetväli — N- ja S-poolus liiguvad staatoris ratasringi. Tähendatud keerd- ehk pöördväli veab rootori endaga kaasa, kuna ta ka rootoris indutseerib elektrivoolu ja see omakorda tekitab vastasnimelised magnetpoolused.



Joon. 21. Asünkroonmootori staator ja rootor.

#### 34. Staatori ehitus.

Staator on pöörisvoolude vähendamiseks koostatud raudplekidest ja asetseb malm- või teraskeres. Sisepinnal asetsevad uured mähiste asetamiseks. Mähiste otsad on toodud välja mootori küljel asetsevatele klemmlauale. Ühe mähise algus märgitakse tähega *U* ja lõpp tähega *X*, teise mähise otsad vastavalt *V* ja *Y* ning kolmandal *W* ja *Z*.



Joon. 22. Staatori lülitusskeem keerdvoolu asünkroon-mootoril.

\\ Mähiste algused asetsevad järjekorras  $UVW$ , lõpud kas järjekorras  $YZX$  (joon. 22) või järjekorras  $ZXY$ .

Mähiseid võib klemmlaual soovi kohaselt ühendada täht- või kolmnurk-lülitusse (joon. 22), nii et üht ning sama mootorit saab kasutada kahesu- guse pingega (näit. 380 V ja 220 V).

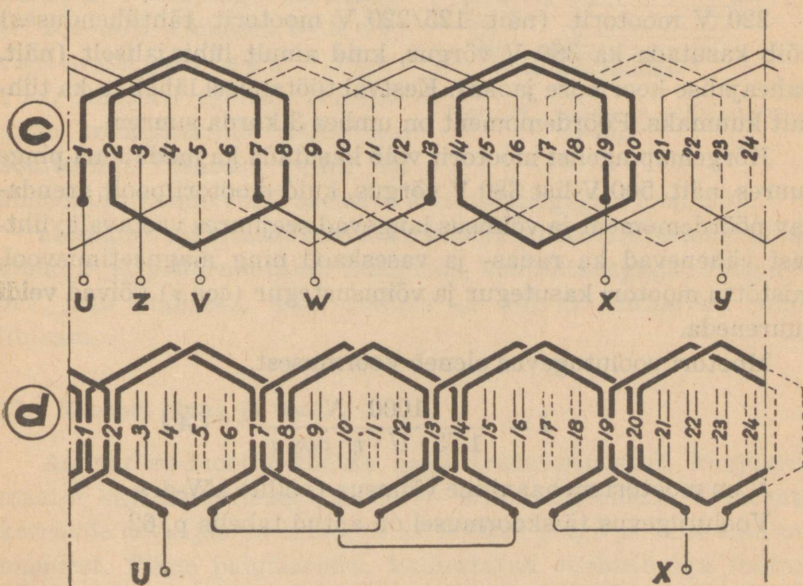
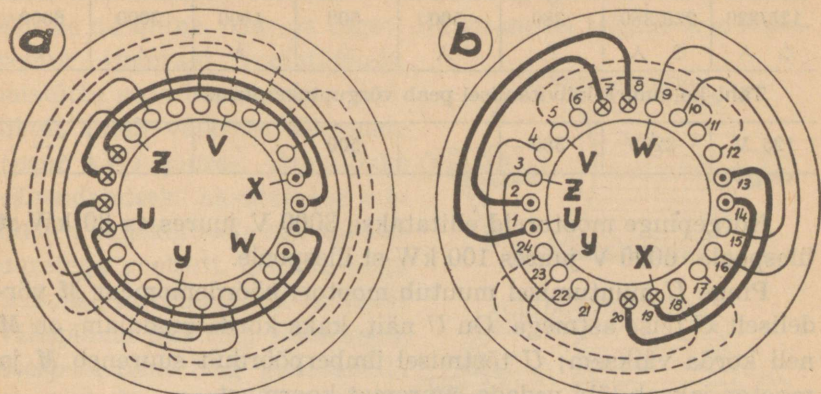
Staator on mähitud kas 2-, 4-, 6- või enamapooluseli- sena, sellele vastavalt, missu- guste tiirude jaoks mootor on ehitatud.

Joonisel 22 on staatori mä- his märgitud lihtsustatud ku- jul

nn. rõngasmähisena. Tegelikult kasutatavad tavalisemad staatori mähkimise skeemid on näidatud joonisel 23. a) Kahe- pooluseline mähis. Üks faas on kujutatud jämedalt, teised pee- nelt. b) Neljapooluseline mähis. c) Eelmises punktis (b) tähen- datud neljapooluseline mähis laialilaotatult. d) Neljapooluseline kahekihiline mähis (nn. pütt-mähis) laialilaotatult. Välja on joonistatud ainult üks faas. Kahekihilisel mähisel asetseb ühes uurdes ülestikku või kõrvuti kaks sektsiooni.

Joonisel 23 on iga sektsioon (traadipool) märgitud ainult ühe keeruga, tegelik keerude arv ühes sektsioonis kõigub tavaliselt 1 kuni 150 vahel, olles seda suurem, mida kõrgema pingega ja väiksem on mootor.

Joonisel 23 on staator kujutatud 24-uurdelisena; uurete arv võib olla ka erinev, olenedes faaside, pooluste ja sektsioonide arvust.



Joon. 23. Staatori mähkimise skeeme.

### 35. Staatori pinge ja vool.

Vahelduvvoolu mootorid valmistatakse harilikult järgmistele võrgupingetele:

125/220	220/380	380	500	500	1000	3000	6000
△ 人	△ 人	△	人	△	人	人	人

Täht-kolmnurk-käivitamisel peab võrgupinge olema:

125 V	220V	380	—	500	—	—	—
-------	------	-----	---	-----	---	---	---

Kõrgepinge mootoreid ehitatakse 3000 V juures ca 30 kW-st ülespoole; 6000 V juures 100 kW-st ülespoole.

Pinge  $U$  muutumisel muutub mootori pöördemoment  $M$  võrdeliselt  $U$  teise astmega. On  $U$  näit. kaks korda madalam, on  $M$  neli korda väiksem;  $U$  tõstmisel ümberpöörduvalt suureneb  $M$  ja mootor jaksab läbi vedada suuremat koormust.

220 V mootorit (näit. 125/220 V mootorit tähtühenduses) võib kasutada ka 380 V võrgus, kuid ainult lühiajaliselt (näit. vaheajalise koormuse jaoks). Kestval töötamisel läheb ta ka tühjalt kuumaks. Pöördemoment on umbes 3 korda suurem.

Kõrgemapingelist mootorit võib kasutada ka madalama pinge juures, näit. 500 V-list 380 V võrgus, kuid mootori poolt arendatav pöördemoment ja võimsus langevad seejuures vastavalt; ühtlasi vähenevad ka rauas- ja vaseskaod ning magneetimisvool, mistõttu mootori kasutegur ja võimsustegur ( $\cos \varphi$ ) võivad veidi suurenedada.

Mootori voolutugevus oleneb koormusest.

$$J = \frac{1000 \cdot N}{1,73 \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \quad (A)$$

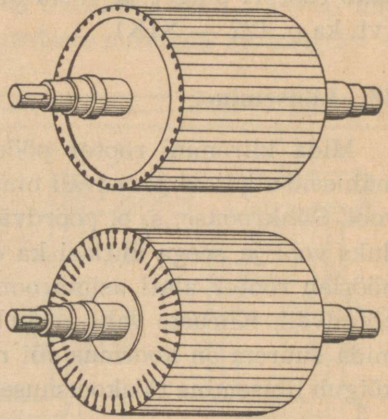
$N$  on mootori mehaaniline võimsus (võllil) kW-des.

Voolutugevus täiskoormusel on antud tabelis p. 62.

### 36. Rootori ehitus.

Rootor kujutab võllil asetsevat raudplekkidest silindrit, mille välispinnal asetsevaisse uurdeisse on paigutatud mähised. Vastavalt mähise ehitusele on olemas kaht liiki rootoreid: a) L ü h i s - ( o t s e s i d e - ) r o o t o r (joon. 24). Mähiseks on isoleerimata

vaskvardad, mis rootori otstel on vaskrõngaga kokku ühendatud. Ehitus on lihtne, odav ja tugev. Käivitamisel tekitab aga lühisrootor tugevaid voolutõukeid, mistõttu seda kasutatakse harilikult ainult väikeste võimsuste (paar kW) juures. Voolutõuke vähendamiseks kasutatakse mõnikord kahekordsete ehk kaksikuuretega rootorit. Ehitus nagu eelmisel, kuid mähiseid on kaks: välispinnal üks ring peenemaid, seespool teine ring jämedamaid vardaid. Voolutõuge käivitamisel 20—30% väiksem. b) Kontaktrõngastega rootor. Rootoril asetseb samasugune kolmeefaasiline mähis kui staatorilgi. Mähise otsad on



Joon. 24. Lühis- ja kaksikuure-rootor.

ühendatud kolme võllil asetseva kontaktrõngaga (joon. 26).

Mõnikord mähitakse rootor ka kahefaasiliselt. Mõlema mähise lõpud  $x$  ja  $y$  ühendatakse kolmanda kontaktrõngaga; rõngaste arv jääb endiseks, kuid rootori ja käiviti ehitus on veidi lihtsam.

### 37. Rootori pinge ja vool.

Asünkroon-mootor töötab nagu transformaator, kusjuures staator kujutab primaar-, rootor — sekundaarmähist. Erinevate keerdude arvu juures erinevad ka rootori pinge ja vool staatori omadest. Pinge paigalseisva, katkestatud vooluringiga rootori kontaktrõngastel kõigub normaalselt 30 ja 200 V vahel, tõustes mõnikord suuremail mootoreil (võimsusega üle paarikümne kW) kuni 500 voldini.

Rootori vool oleneb koormusest. Ligikaudselt võib võtta:

$$J_r = J_s \times (U_s : U_r),$$

kus  $J_r$  on rootori vool,  $J_s$  -- vool staatoris,  $U_s$  — staatori pingeline,  $U_r$  — pingeline paigalseisva rootori kontaktrõngaste vahel. Mõõta saab rootori pinget ja voolu ainult kontaktrõngastega mootoril (vt. ka p. 127 — XIX).

### 38. Libisemine.

Mida kiiremini rootor pöörleb, seda aeglasemalt löikab ta mähiseid staatori pöördväli ning seda nõrgem on rootoris tekkiv vool. Sünkroonse, s. o. pöördväljaga võrdse kiiruse juures puuduks vool ja seega ühtlasi ka edasilükkav jõud üldse. Seetõttu pöörleb rootor alati asünkroonselt, s. o. veidi aeglasemalt kui pöördväli. Kiiruste vahe — libisemine — on seda suurem, mida suurem on koormus või rootori ahela takistus. Harilikult kõigub libisemine täiskoormusel 3—6% vahel.

### 39. Lühismootorite käivitamine.

a) Otsese sisselülitamisega (joon. 25 — I). Seisev mootor ühendatakse lüliti abil otseselt võrguga. Väikeste mootorite puhul on see moodus rohkesti tarvitusel. Halbuseks on siin sisselülitamise momendil tekkiv tugev 5—7-kordne voolutõuge, mistõttu avalikes võrkudes see viis on tavaliselt lubatud ainult kuni 1,1 kW-ni. Eravõrkudes, kus suured pingekõikumised on lubatud, minnakse paarikümne ja enam kW-ni. Teiseks halbuseks on tugev mehaaniline tõuge võllil ja ülekande-mehhanismis. Mootoriga ühel võllil asetsevate väikeste pöörlevate massidega masinate juures (ventilaatorid jne.) see nähtus ei tekita raskusi. Rihm- ja hammasratas-ülekandega ning suurte massidega masinate juures on soovitatav kasutada paarist kW-st ülespoole käivitatit või tarbe korral libisevat sidurit, s. o. mootor läheb tühjalt käima ja hakkab alles siis rihmaratast kaasa vedama, kui tiirud tõusevad teatava kõrguseni.

b) Täht-kolmnurk-lülitiga. Käivitamine toimub kaheastmeliselt, erilise täht-kolmnurk-lüliti abil (joon. 25 — II). Mootori mähised ühendatakse võrguga algul täht-, pärast, täis-

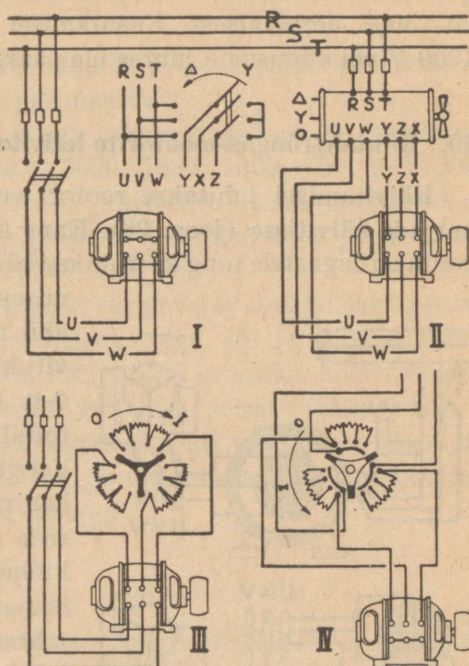
tiirude kättesaamisel, kolmnurk-lülitusse. Voolutõuge on siin 3 korda väiksem kui otsesel sisselülitamisel. Avalikes võrkudes on täht-kolmnurk-käivitus lubatud harilikult kuni 3 kW-ni liht- ja kuni paarikümne kW-ni kahekordsete uretega rootoriga.

Mootori pinge tuleb valida nii, et staator normaaltöö juures oleks ühendatud kolmnurgas (380 V võrgus, mootor 660/380 V jaoks).

Pöördemoment täht-kolmnurk-lülitiga käivitamisel on  $\frac{1}{3}$  normaal- sest. Käivitamine peab toimuma pooltühjalt, vastasel korral tuleb kasutada libisevaid sidureid.

c) Staator-käivitiga. Staatori vooluringi asetatakse kolme-faasiline reostaat (vt. joon. 25 — III ja IV), mille takistust käivitamisel vähendatakse astmeliselt kuni nullini. Takistuse astmed valitakse nii, et voolutugevus ei tõuseks üle 1,7-kordse

normaalvoolu tugevuse. Pöörlemise kiirus kasvab käivitamisel aeglaselt nullist kuni normaalseni. Reostaat lülitatakse kas staatori taha (ainult tähtühenduse juures tarvitav) või ette. Käivitamise pöördemoment on väga väike: 10—20% normaal- sest, mispärast sel kombel on võimalik käivitada ainult koormuseta mootorit; täiskoormusel ei suuda mootor käima minna ja vool



Joon. 25. Lühismootorite käivitamine. I — otsese sisselülitamisega. II — Täht-kolmnurk-lülitiga. III ja IV — staator-käivitiga.

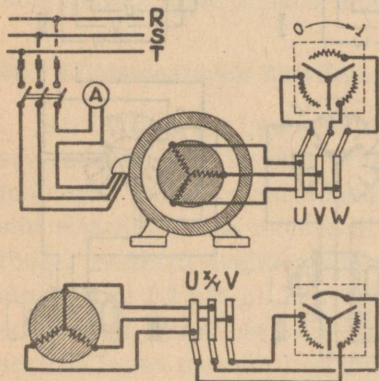
kasvab niivõrd suureks, et kaitsmed läbi sulavad. Staatorkäiviti tarvitatakse väga harva, ainult erijuhtumel.

d) Käivitustransformaator. Vool lastakse käivitamisel mootorisse läbi 2—3-faasilise autotransformaatori. Pinget tõstetakse astmeliselt kuni normaalseni. Pöördemoment on 20—30% normaalsest. Kasutamisel ainult pingete juures üle 1000 V või võimsuste juures üle paarikümne kW.

#### 40. Kontaktrõngas-mootorite käivitamine.

Käivitamisel juhitakse rootori vool üle kontaktrõngaste ja harjade käivitis (joon. 26). Enne käivitamist lastakse harjad kontaktrõngastele ning keeratakse käiviti 0-seisangusse. Käivitamiseks tuleb:

1) ühendada lüliti abil mootor võrguga ja 2) käiviti käepide keerata pikkamööda 0-st I-e poole. Suuremail mootoreil tõstetakse harjad pärast käivitamist üles, ülestõste-mehhanism ühendab rõngad enne seda automaatselt omavahel lühihüendusse; seetõttu jääb ära harjade kulumine ja kaod käiviti juhtmeis. Seismajätmisel katkestatakse vooluahel lüliti abil ja harjad ning käiviti asetatakse algseisangusse. Mõnikord on käitsuse lihtsustamiseks ja vale lülituse vältimiseks lüliti ning



Joon. 26. Kontaktrõngastega mootori lülitus kolme- ja kahefaasilise rootoriga.

käiviti, harvem vahel ka harjade ülestõste-mehhanism, omavahel mehaaniliselt ühendatud, nii et talitus toimub üheainsa käsirataga. Seda viisi kasutatakse siis, kui on tegemist õppimata personaaliga või kui mootor tuleb panna tihti seisma ja käima.

Kontaktrõngastega (rootorkäivitiga) mootori pöördemoment on käivitamisel suur ning seda saab käima lasta täie koormusega.

## 41. Tiirud.

Asünkroon-mootori tiirud on määratud toitevoolu sagedusega ja mootori pooluste arvuga.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p},$$

kus  $n$  on sünkroontiidude arv minutis,  $f$  — perioodide arv sekundis ja  $p$  — pooluste paaride arv masinal.

Tühijooksul on tiirud peagu sünkroonsed, s. o. harilikul 50-perioodilisel sagedusel  $n = 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500$  jne., kusjuures mootori suurus ja pinge tiirudele mõju ei avalda. Täiskoormusel langevad tiirud libisemise tõttu veidi ja on umbkaudu 2 850, 1 420, 960, 720, 560, 470 jne.

Pinge muutumine otsest mõju tiirudele ei avalda, kuid pinge vähenemisel väheneb pöördemoment (vt. p. 35) ja suureneb libisemine, seetõttu jäävad tiirud tühijooksul endiseks, koormamisel aga langevad tunduvalt, mootor võib isegi seisma jääda.

Ülekoormamisel suureneb libisemine; kui viimane on tõusnud umbes 20—30%-ni, jääb mootor järsku seisma, kusjuures kaitsmed tugeva voolu tõttu läbi sulavad.

## 42. Tiirude reguleerimine.

Tiidude tõstmine pole asünkroon-mootoril üldse võimalik. Vähenendada saab neid ainult kontaktrõngastega mootoril, suurendades libisemist, lülitades takistuse rootori vooluahelasse. Takistus on niisamasuguse konstruktsiooniga kui harilik käiviti, kuid kogu poolest suurem, kuna ta seisab alaliselt voolu all ning seetõttu vajab suuremat jahtumispinda. Tiirude vähendamine on seotud võimsuse kaoga ning seetõttu majanduslikult ebasoovitav; pealeselle omab mootor seejuures osaliselt peavoolu mootori karakteristikut: koormuse vähenemisel tõusevad tiirud ja ümberpöörduvad.

Kui on vaja pidevat ja kaovaba reguleerimist, tuleb kasutada kommutaator-mootoreid. Vajatakse ainult kaht või kolme tiirude

arvu, mis on kindlas täisarvulises vahekorras, näit. 500, 1000, 1500, võib kasutada kas ümberlülitavate poolustega mootoreid või kaskaadlülitust kahest (või enam) mootorist: esimese mootori rootorist lastakse vool järgmisse. Mõlemad mootorid veavad poolte tiirudega, kui nende pooluste arvud on võrdsed.

#### 43. Pöörlemise suund.

Kui võrgujuhtmed *RST* vastavalt ühendada mootori klemmidega *UVW*, jookseb mootor paremkäiguga. Tavaliselt on faaside järjekord teadmata ja seetõttu raske ära määrata, mis suunas mootor käima hakkab. Ei pöörle mootor soovitud suunas, tuleb kaks staatorisse minevat juhet omavahel ümber vahetada.

#### 44. Võimsustegur ( $\cos \varphi$ ) ja kasutegur.

Võimsustegur näitab aktiivvoolu ja üldise näivvoolu suhet (vt. „Elektriteooria“, p. 57 ja 58).

Mootori võimsusteguri all mõistetakse tema võimsustegurit täie koormuse juures; koormuse vähenemisel võimsustegur väheneb.

Pinge langemisel magneetimisvool väheneb ja seoses sellega võimsustegur suureneb.

Õhuvahe suurendamine staatori ja rootori vahel vähendab mootori võimsustegurit.

Võimsusteguri ja kasuteguri (vt. p. 11) suurused tavaliste 125—1000 V asünkroon-mootorite jaoks on antud tabelis 4.

#### 45. Keerdvoolu asünkroon-mootorite kasutamine.

Keerdvoolu asünkroon-mootorid on kõige lihtsamad, tugevamad ja odavamad elektrimootorid. Remonti ja järelevalvet vajavad nad väga vähe. Käivitamine on suure algpöördemomendi tõttu võimalik täiskoormusel.

Tiirud on väga püsivad. Kasutatakse peamiselt transmissioonide, tööstusmasinate, pumpade, harvem tõstemasinate jne. käivitamiseks.

Tabel 4. Asünkroon-mootorite kasutegur ja võimsustegur.

Mootori tüüp	Mootori võimsus		Kasutegur			Võimsustegur		
			Tiirud minutis			Tiirud minutis		
	kW	HJ	3000	1500	1000	3000	1500	1000
<b>T ä i s k o o r m u s e l</b>								
Lühismootor	0,5	0,7	0,76	0,76	0,75	0,84	0,79	0,73
„	1,1	1,5	0,8	0,81	0,79	0,87	0,82	0,77
„	2,2	3	0,83	0,83	0,82	0,89	0,85	0,8
Kontaktrõngas- mootor	2,2	3	0,8	0,8	0,79	0,86	0,82	0,76
„	5,5	7,5	0,82	0,84	0,83	0,87	0,84	0,82
„	15	20	0,85	0,87	0,86	0,89	0,87	0,85
„	50	68	0,89	0,9	0,9	0,91	0,9	0,88
„	200	270	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,9
<b>P o o l k o o r m u s e l</b>								
Lühismootor	0,5	0,7	0,7	0,7	0,69	0,72	0,68	0,62
„	2,2	3	0,8	0,8	0,79	0,8	0,72	0,66
Kontaktrõngas- mootor	15	20	0,84	0,85	0,84	0,84	0,8	0,76
„	200	270	0,91	0,91	0,91	0,87	0,86	0,85
<b>V e e r a n d k o o r m u s e l</b>								
Lühismootor	0,5	0,7	0,51	0,51	0,5	0,57	0,5	0,4
„	2,2	3	0,58	0,58	0,57	0,66	0,6	0,52
Kontaktrõngas- mootor	15	20	0,75	0,77	0,76	0,68	0,63	0,57
„	200	270	0,85	0,85	0,85	0,74	0,73	0,72
<b>T ü h j a l t</b>								
Lühismootor	0,5	0,7	0	0	0	0,25	0,20	0,15
Kont.-rõng.-moot.	200	270	0	0	0	0,4	0,36	0,32

#### 46. Mootori suuruse valik.

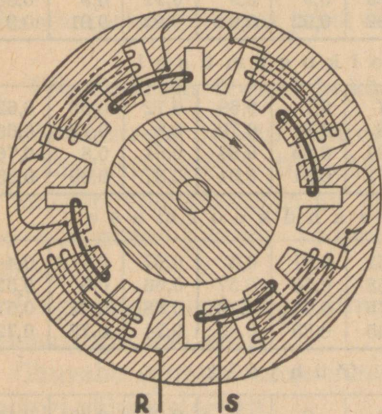
Mootori suurus tuleb valida vastavalt töömasina jõutarvitu-  
sele. Erijuhtumel, kui soovitakse üht ning sama masinat kasu-  
tada vaheldumisi suure ja väikese töömasina jaoks, võib kasu-  
tada täht-kolmnurk ümberlülitamist; näit. 30 kW-list mootorit,  
mille staator mähitud pingele 220/380 V, võib 220 V võrgus kasu-  
tada kolmnurgas ühendatult 30 kW-lisena ja tähes ühendatult  
10 kW-lisena (tähtühendust kasutatakse ülaltähendatud moo-  
toril normaalselt 380 V juures). Väiksema magnetilise küllastuse

tõttu on kasutegur ja võimsustegur osalt isegi paremad kui hari-likul 10-kW mootoril. Samaks otstarbeks tuleks 380 V võrgus võtta mootor 380/660 V (s. o. 380 V kolmnurgas).

Andmed töömasinate jõutarvituse kohta on toodud VIII vihus „Elektri kasutamine mitmesugustel aladel“ p. 3—5 ja 32.

#### 47. Ühefaasilised asünkroon-mootorid.

Ehitus ja põhimõte on üldiselt sama, mis keerdvoolu asünkroon-mootoreil. Et ühefaasiline vool pöördvälja asemel tekitab ainult edasi-tagasi võnkuva (pulseeriva) magnetvälja, varustatakse mootor käivitamiseks abimähisega. Viimasesse lastakse vool läbi kondensaatori või paispooli, mistõttu pea- ja abimähise voolude vahel tekib pöördvälja saamiseks vajalik ajaline nihkenurk. Pöördemomendi suurus käivitamisel on, olenedes kondensaatori suurus-est, 0,3—3-kordne normaal-est. Pärast käivitamist lülitatakse abimähis kuumene- mise vältimiseks suuremail mootoreil harilikult välja. Üsna väikesil mootoreil (sei- naventilaatoreil jne.) täida- vad abifaasi ülesandeid staatorisse peapooluste suhtes asüm- meetriliselt asetatud kinnised traadikeerud (joon. 27). Ühe- faasilisi asünkroon-mootoreid kasutatakse keerdvoolu võrkudes peamiselt väikeste võimsuste juures. Suuremate võimsuste puhul, näit. elektriraudteedel, on enamasti tarvitusel k o m m u t a a - t o r - m o o t o r i d .



Joon. 27. Väikese ühefaasilise induktsoon-mootori skeem.

Iga kolmefaasilist mootorit võib kasutada ka ühefaasilisena (ühendus kahe juhtmega). Abifaasi puudumisel võib pisemaid mootoreid mehaaniliselt, näit. käsitsi, käima lükata. Pöörlemise

suund oleneb esialgse tõuke suunast. Koormus ei tohi tõusta üle  $\frac{1}{3}$  nimikoormusest. Suuremail või automaatlülitiga keerdvoolu mootoreil tuleb kolmas faas võtta üle kondensaatori (joon. 28).

Vajalik kondensaatori suurus keerdvoolu mootorite käivitamiseks ühefaasilise ühenduse juures 40—50% alg-pöördemendiga on toodud alljärgnevas tabelis:

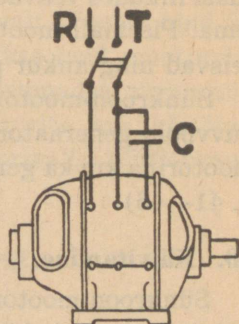
Mootori võimsus $N$ (kW)	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2
Kondensaatori mah- tuvus $C$ ( $\mu F$ )						
220 V juures	14	28	41	54	67	80
380 V juures	5	10	15	20	25	30

Ühenduses kondensaatoriga võib ühefaasiliselt käivitatud keerdvoolu mootorit koormata kuni ca 80%-ni tema nimivõimsusest.

Kondensaator-mootoritel on võimsustegur veidi suurem (ca 0,9) ja voolutõuge käivitamisel vähem (4—5-kordne) kui tavalistel asünkroon-mootoritel.

#### 48. Asünkroon-generaator.

Kui asünkroon-mootori tiirud tõusevad mingi välise jõu mõjul, näit. trammide allamäge sõites, üle sünkroonse, hakkab mootor töötama generaatorina ja annab elektrilist energiat võrku; see aga sünnib ainult siis, kui masin saab võrgust ergutust, s. o. kui selles võrgus töötab harilik sünkroon-generaator; iseseisvalt asünkroon-generaator ei tööta. Asünkroon-generaatorit kasutatakse mõnikord lihtsustatud käsitsemise pärast või valveta väikestes, suurjaamadega paralleelselt töötavais veejõujaamades.



Joon. 28. Kondensaator-mootor.

## B. Sünkroon-mootorid.

### 49. Ehitus- ja tööviis.

Sünkroon-mootori paigalseisev osa — staator on täpselt sama ehituse ja lülitusega nagu asünkroon-mootorilgi. Rootoriks on lihtne malm- või terasratas, mille välispinnale on asetatud radiaalselt 2, 4, 6 jne. alalisvoolu ergutusega magnetpoolust. Pooluste arv oleneb soovitud tiirude arvust ning peab olema võrdne staatorile mähitud pooluste arvuga.

Ergutusvool võetakse kas alalisvoolu võrgust või viimase puudumisel väikesest mootori võllile kinnitatud ergutusdünamost ning lastakse läbi ergutusregulaatori ja üle kahe kontakt-rõnga rootori mähisesse.

Staatori mähised ühendatakse keerdvoolu võrguga. Staatoris tekkiva pöörvälja poolused tõmbavad rootori pooluseid ligi ning edasi liikudes veavad ka rootori endaga kaasa, pannes selle pöörlema. Pisemal mootoreil tehakse vahel magnetpoolused paigalseisvad ning ankur pöörlev.

Sünkroon-mootori ehitus on täpselt niisamasugune kui vahelduvvoolu generaatoril, üht ning sama masinat võib kasutada nii mootorina kui ka generaatorina (vt. „Jõujaamad ja vooluallikad“ p. 41—46).

### 50. Käivitamine.

Sünkroon-mootor ise käima ei lähe. Käivitamiseks tuleb ta käivitusmootori abil (selleks kasutatakse harilikult väikest asünkroon- või alalisvoolu mootorit) sünkroontiirudeni viia, sünkroniseerida, s. o. võrguga ühte faasi viia ning alles siis võrguga ühendada. Mõnikord lastakse sünkroon-mootor käima asünkroonselt; säärasel korral on rootor varustatud käivitamismähisega, mis sarnaneb asünkroon-mootori lühismähisega ja on paigutatud pooluste kingades asuvasse uuretesse.

### 51. Tiirud.

Tiirude arv jääb püsivaks igasugusel koormusel, sest ta oleneb ainult sagedusest ja pooluste arvust ning on niisama suur

kui pöördväljal või asünkroon-mootoril ilma libisemiseta (vt. p. 41). Tiirude reguleerimine pole võimalik.

## 52. Võimsustegur.

Võimsustegur on sünkroon-mootoril reguleeritav. Ergutust muutes saab seda viia kas 1 peale, muuta induktiivseks (alaergutusega) või mahtuvuslikuks (üleergutusega).

## 53. Kasutamine.

Sünkroon-mootoreid kasutatakse erijuhtumel, peamiselt suurte võimsuste juures. Paremuks on ergutusega reguleeritav võimsustegur, mis võimaldab parandada võrgu  $\cos \varphi$ -d. See aga sünnib ainult elektri jaama huvides ning seepärast seatakse nad üles kas jaama enda poolt või erikokkuleppel.

Sünkroon-mootori halbuseks on ta tunduvalt kõrgem hind ja raske ning keeruline käivitamine. Kasutatakse neid mootoreid peamiselt voolumuundamise ehk umformer-jaamades ning vesivarustus-pumpade, mäekaevanduste ventilaatorite jne. käivitamiseks või lihtsalt „sünkroon-kondensaatorina“, tühijooksul võrgu  $\cos \varphi$  parandamiseks.

### *C. Kommutaator-mootorid.*

## 54. Ehitus- ja tööviis.

Kui alalisvoolu mootorisse lasta vahelduvvoolu, hakkab mootor pöörlema, sest voolusuuna muutmisega ühel ajal ankrus ning magnetmähises pöörlemise suund ei muutu. Tegelikult alalisvoolu mootorit vahelduvvooluga kasutada ei saa, kere ja pooluste massiivne raud kuumeneks pöörisevoolude mõjul ning suure induktiivsuse tõttu oleksid pöördemoment ja võimsustegur liiga väikesed. Vahelduvvoolu kommutaator-mootorid omavad seetõttu rea erinevusi.

Mootori staator on samuti kui rootor koostatud raudplekkidest. Väljaulatuvad poolused harilikult puuduvad. Mähise keer-

dude arv on suhteliselt väiksem. Kommuteerimise parandamisele ning harjade sädelemise vältimisele on rohkem rõhku pandud jne.

Ehitatakse kommutaator-mootoreid nii ühefaasilisele kui ka keerdvoolule.

Ehituselt on nad tunduvalt keerulisemad, kaalult raskemad ning hinnalt kallimad kui asünkroon-mootorid ja neid kasutatakse erijuhtumel, kui on vaja kergelt, pidevat ja ökonoomset tiirude reguleerimist.

### 55. Ühefaasiline seeries- ehk peavoolu mootor.

Lülitusskeem ja omadused on üldiselt samad, mis alalisvoolu seeries-mootoril (joon. 29). Ankrureaktsiooni vähendamiseks ja

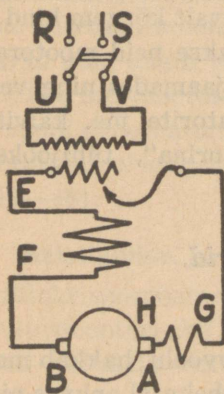
kommuteerimise parandamiseks on mootor varustatud tugeva kompensatsioon-mähisega ja lisapoolustega.

Käivitamine ja tiirude reguleerimine toimub pinge muutmiselega mootori ette lülitatud reguleer-transformaatoris. Käivitamise pöördemoment on väga suur.

Pöörlemise suuna muutmiseks vahetatakse ankrusse (rootorisse) minevad juhtmete otsad ümber.

Kasutegur on veidi väiksem kui võrdse võimsusega alalisvoolu või asünkroon-mootoril. Võimsustegur oleneb pöörlemise kiirusest ja on üldiselt väga lähedane ühele.

Kasutamisel peamiselt elektriraudteedel.



Joon. 29. Vahelduvvoolu seeries- ja repulsiioon-mootorite lülitus.



Joon. 30.

## 56. Repulsioon-mootor.

Vool juhitakse ainult staatorisse. Rootoris tekib vool induktiooni tõttu. Rootori harjad on omavahel lühises (joon. 30).

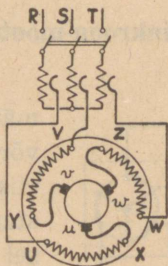
Käivitamine, tiirude reguleerimine ja suuna muutmise toimub harjade edasi-tagasi nihutamisega. Maksimaalne  $M$  on mootoril, kui harjad on ca  $10^\circ$  pooluste alt eemal. Mootor on peavoolu karakteristikuga. Ehitus ja käsitsemine lihtne. Võimalik kasutada kõrgeid pingeid. Tarvitatakse mitmesuguste tööstusmasinate käivitamiseks, enamasti (eriti eravõrkudes) ühefaasilise ühendusena keerdvoolu võrgust.

## 57. Ühefaasiline šunt- ehk haruvoolu mootor.

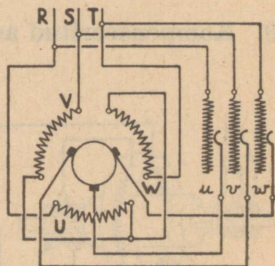
Lülitus ja omadused samad, mis alalisvoolu haruvoolu mootorilgi. Kasutatakse väga vähe, sest vajadus selle mootoritüübi järele on tegelikus elus väike.

## 58. Kolmefaasiline seeries- ehk peavoolu mootor.

Staator on sama ehitusega kui asünkroon-mootorilgi, rootor — nagu alalisvoolu ankur. Harju kolm, asetatud  $120^\circ$  nurga all. Harjad on ühendatud staatori mähiste lõppudega kas otseselt (joon. 31) või liiga kõrgete kommutaatori pingete vältimiseks üle transformmaatori; viimasel juhutamil kasutatakse vahel ka 6 harja, kusjuures tuuakse välja transformmaatorist kõik nende 6 otsa.



Joon. 31.



Joon. 32.

Keerdvoolu seeries- ja šuntmootori lülitus.

Käivitamine ja tiirude reguleerimine toimub pinge muutmisega käivitus-transformmaatoris või harjade edasinihutamisega vastu pöörlemise suunda.

Pöörlemise suuna muutmiseks vahetatakse kaks faasi omavahel ümber ja harju nihutatakse teises suunas.

Kasutegur on veidi väiksem kui asünkroon-mootoril. Võimsustegur võrdub 1-ga; on võimalik ka magneetimisvoolu võrku andmine.

Kasutatakse tõstesildade, kraánade, bagerite, paberi-, tekstiil-, trüki- ning valtsmasinate jne. käivitamiseks.

### 59. Kolmefaasiline šunt- ehk haruvoolu mootor.

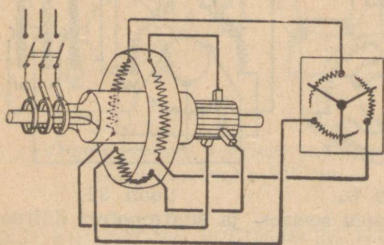
Ehitus üldiselt niisamasugune kui kolmefaasilisel seeries-mootoril, kuid staatori ja rootori mähised on lülitatud paralleelselt. Rootori vool võetakse kas üle eraldi oleva transformaatori (joon. 32) või kasutatakse viimase asemel staatorit.

Käivitamine ja tiirude reguleerimine toimub pinge muutmisega või (harvem) harjade nihutamisega.

Mootor on haruvoolu karakteristikuga, s. o. tiirud jäävad koormuse kõikumisel enamvähem püsivaks.

Kasutamisel peamiselt tööpinkide käivitamisel.

### 60. Kompenseeritud asünkroon-mootor.



Joon. 33. Kompenseeritud asünkroon-mootor.

Rootoril on kaks eraldi mähist. Esimesse lastakse võrgust keerdvool, teisest viiakse vool üle kommutaatori staatorisse ja sealt käivitamisel veel üle takistuse. Võimsustegur on 1 või mahtvuslik.

Tiirude reguleerimine toimub harjade nihutamisega. Mootor on haruvoolu karakteristikuga.

## 61. Asünkroon-mootor keerdvoolu ergutusmasinaga.

Asünkroon-mootoriga ühisel võllil asetseb veel keerdvoolu kommutaatormasin. Viimane saab toitevoolu esimese rootorist (kaskaad-lülitus). Ergutusvool võetakse kas otse võrgust või ka rootorist.

Kasutamisel peamiselt suurte võimsuste juures, võimsusteguri parandamiseks (faasikompensaator) või tiirude reguleerimiseks.

## IV. MOOTORI ÜLESSEADMINE.

### *Elektriline osa.*

#### 62. Ühendusjuhtmed.

Juhtmete valikul tuleb aluseks võtta voolutugevus käivitamisel. Mootori kaitsmed tuleb nii valida, et nad käivitamisel läbi ei sulaks, ja juhtmed omakorda nii jämedad, et nad vastaksid kaitsmete.

Voolutugevus nimivõimsusel, kaitsmete suurus ja ühendusjuhtmete põikpind normaalsete käivitustingimuste juures on antud alljärgnevais tabelleis nr. 5 ja 6.

Tabel 5. Voolutugevus, kaitsmete suurus ja ühendusjuhtmete põikpind alalisvoolu mootoreil.

Võimsus (võllil)		110 V			220 V			440 V			Käivitus- viis
		<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	
kW	HJ	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	
0,12	0,17	1,65	1	6	0,8	1	4	—	—	—	Tühjalt otsene sissetül.
0,2	0,27	2,7	1	6	1,4	1	6	—	—	—	
0,33	0,45	4,0	1,5	10	2,0	1	6	—	—	—	
0,5	0,7	6,0	1,5	10	3	1	6	1,5	1	6	Taiskoormusel käivitiga
0,8	1	10,0	2,5	15	5	1,5	10	2,4	1	6	
1,1	1,5	13,4	4	20	6,7	1,5	10	3,3	1	6	
1,5	2	17,2	6	25	8,6	2,5	15	4,3	1,5	10	
2,2	3	25,5	10	35	12,7	2,5	15	6,3	1,5	10	Taiskoormusel käivitiga
3	4	33	10	35	16,5	4	20	8,3	2,5	15	
4	5,5	45	16	60	22,5	6	25	11	2,5	15	
5,5	7,5	65	25	80	32,5	10	35	15,7	4	20	

Võimsus (võllil)		110 V			220 V			440 V			Käivitus- viis
		<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	
kW	HJ	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	Täiskoormusel kävitinga
7,5	10	86	35	100	43	16	60	21	6	25	
11	15	120	70	160	60	25	80	30	10	35	
15	20	162	75	200	81	35	100	40	16	60	
22	30	238	150	260	119	70	160	60	25	80	
30	40	318	240	350	158	95	200	80	35	100	
40	54	415	300	430	205	120	225	108	50	125	
50	68	510	500	600	250	150	260	135	70	160	
64	86	610	800	700	300	240	350	170	95	200	
80	108	810	800	850	400	300	430	216	120	225	
100	136	1000	1000	1000	500	400	500	270	185	300	

*J* — voolutugevus nimivõimsusel (täiskoormusel),

*q* — vasest ühendusjuhtmete põikpind mm<sup>2</sup>.

Šuntmootori ergutusvoolu juhtmeil tuleb põikpind võtta umbes  $\frac{1}{100}$  peavoolu juhtme põikpinnast, kuid vähemalt 1 mm<sup>2</sup>.

Tabeleis on juhtmete jämeduse määramisel võetud aluseks soojenemine. Erijuhtumeil, kui ühendusjuhtmed on väga pikad — üle 30—50 meetri 110—220 voldi juures ja üle 100 meetri 440 V juures — tuleb arvestada veel pingelangu ning juhtmed tuleb tarbe korral võtta jämedamad.

Kui harilike kaitsmete asemel tarvitada aeglaselt läbisulavaid (Tardo, Tedi jne.), mis lühiajaliselt suuremaid voolutõukeid välja kannatavad, võib tarvitada penemaid mootorijuhtmeid kui tabelis märgitud. Viimast abinõu aga kasutatakse väga harva.

Tabel 6. Voolutugevus, kaitsmete suurus ja ühendusjuhtmete põikpind keerdvoolu mootoreil.

Võimsus (võllil)		220 V			380 V			500 V			Käivitus- viis
		<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	
kW	HJ	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	Otsene sisseül. poole koormu- sega
0,12	0,17	0,7	1	2	—	—	—	—	—	—	
0,2	0,27	1	1	2	0,6	1	2	—	—	—	
0,33	0,45	1,5	1	4	0,9	1	2	—	—	—	
0,5	0,7	2,3	1	6	1,3	1	4	1	1	2	

Võimsus (võllil)		220 V			380 V			500 V			Käivitus- viis
		<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	<i>J</i>	<i>q</i>	Kaits- med	
kW	HJ	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	A	mm <sup>2</sup>	A	
0,8	1	3,5	1	6	2	1	4	1,5	1	4	Täht- kolm- nurk- lülitiga
1,1	1,5	4,5	1	6	3	1	6	2,2	1	4	
1,5	2	6,5	1,5	10	4	1	6	3	1	6	
2,2	3	8,5	1,5	10	5,3	1	6	4	1	6	
3	4	13	2,5	15	7,5	1,5	10	5,8	1	6	Täiskoormusel käivitiga
4	5,5	17	4	20	10	1,5	10	7,5	1,5	10	
5,5	7,5	23	6	25	14	2,5	15	11	2,5	15	
7,5	10	31	10	35	19	4	20	15	2,5	15	
11	15	48	16	50	26	10	35	20	4	20	
15	20	58	16	60	31	10	35	24	6	25	
22	30	83	25	100	46	16	50	35	10	35	
30	40	100	50	125	62	25	80	47	16	50	
40	54	135	70	160	80	35	100	60	16	60	
50	68	170	95	200	100	50	125	75	25	80	
64	86	212	120	225	125	70	160	94	35	100	
80	108	273	185	300	160	70	160	120	50	125	
100	136	325	240	360	190	95	200	145	70	160	

*J* — voolutugevus nimivõimsusel (täiskoormusel),

*q* — vasest ühendusjuhtmete põikpind.

Juhtmed rootorist käivitini tuleb võtta tabelis antud staatori juhtmeist sedavõrd jämedamad, kuivõrd rootori pinge on madalam võrgu pingest. Täpsemal arvutusel tuleb aluseks võtta mootori sildil märgitud rootori voolutugevus.

### 63. Lülitusaparaadid.

Ühes mootoriga tuleb üles seada järgmised aparaadid:

a) **K a i t s m e d** — keerdvoolu puhul 3, alalis- ja ühefaasilise vahelduvvoolu puhul 2.

b) **L ü l i t i** — 3- või 2-pooliline. Töö ja ruumi iseloomust olenevalt kang- või valts-, kerge- või malmkapseldusega. Kõrgepinge juures, üle 750 V, tuleb võtta õli- või muu vastav lüliti.

c) **A u t o m a a t l ü l i t i** — lihtlüliti asemel võib tarvitada ülevoolu-automaatlüliti. Viimane täidab ühtlasi punkti a all tähendatud kaitsme ülesandeid.

d) Astmeline lüliti — täht-kolmnurk käivitamisel tuleb lihtlüliti asemel tarvitusele eriline astmeline „täht-kolmnurk“-lüliti (joon. 25-II ja 34-a).

Suuremail mootoreil:

e) Käiviti.

f) Mõõduriistad: ampermeeter, soovi korral ka voltmeeter, vattmeeter ja kWh-lugeja (iga üksiku mootori jaoks).

Erijuhtumel, olenedes töötingimustest või mootori tüübist:

g) Ergutusregulaator (joon. 34-e) või peavoolu regulaator — tiirude tõstmiseks või reguleerimiseks.

h) Nullpinge-automaat — järelevalveta mootoreil, eriti suuremail. Katkestab voluringi, kui võrgupinge katkeb, vältides mootori äkilist käimapanekut pinge sisselülitamisel; harilikult ühenduses punktis *c* tähendatud ülevoolu-automaadiga.

i) Ülekoormuse automaat (mootori kaitselüliti, vt. p. 64).

k) Sünkroniseerimise seade sünkroon-mootoril.

l) Automaat ülemääraste tiirude vältimiseks peavoolu mootoril. Töötab elektromagnetilisel põhimõttel. Koormuse vähenemisel suurenevad tiirud ja väheneb vool. Langetab vool alla normi, katkestab lüliti voluringi, vältides mootori purunemise.

Mootori käsitsemiseks vajalikud aparaadid, nagu lülitid, kaitsmed, mõõduriistad jne. tuleb monteerida ühisele plekk- või marmorkilbile, märgades ruumides malmkasti.

#### 64. Mootori kaitselülitid.

Harilikud sulavkaitsmed on määratud ühendusjuhtmete kaitsmiseks lühis- (otseside) voolude vastu. Mootorile nad kaitset ei paku, kuna käivitusvool 2—6-kordselt ületab töövoolu ja seepärast kaitsmed ka tuleb valida vastavalt tugevamad. Mootori 1,5—2-kordsel ülekoormamisel kaitsmed läbi ei põle, küll võib aga mootor ära kõrbedada lühikesegi aja jooksul. Keerdvoolu juures võib veel üks faas, näit. kaitsekorgi läbisulamise tõttu, jääda

vooluta. Säärasel korral töötab mootor ühefaasiliselt edasi, kusjuures töötav faas koormatakse üle ning võib läbi põleda.

Kaitseabinõuna on soovitatav mootor varustada automaatlülitiga, mis lühiajalistele tugevatele voolutõugetele ei reageeri, kuid voolu katkestab, kui see ühes või mitmes juhtmes teatava aja kestel ületab ettenähtud voolutugevuse. Mootori kaitselülitil on harilikult ühenduses punktis 63 c tähendatud ülevoolu-automaa-diga. Lühise korral tegutseb kiiresti töötav elektromagnetiline päästik, ülekoormusel aeglaselt töötav termiline päästik. Auto-maat täidab korraga hariliku lülitil, sulavkaitsmete ja pealeselle ülekoormuse kaitsme ülesandeid, ning on hädavajalik valveta töötavate mootorite, nagu ujuk-lülitiga pumbamootori jne. juures.

## 65. Mootori tellimine.

Mootori tellimisel tuleb teatada:

1. Võrgupinge, vooluliik (näit. keerdvool 380 V) ja sagedus, kui see ei ole 50 perioodi sekundis.

2. Võimsus, kW- või HJ-des. Kui mootor ei ole määratud kestvaks, vaid lühiajaliseks tööks (kraanal jne.), tuleb teatada veel koormuse ja vaheaja kestus.

3. Tiirude arv.

4. Lülitus: haruvoolu või peavoolu, kontaktrõngastega või lühisrootoriga, täht-kolmnurk-käivitamiseks jne.

5. Kere ehitus (lahtine, kaitstud, kinnine) või otstarve.

6. Täpne aadress ja saatmisviis.

Erijuhtumel tuleb veel teatada:

7. Pöördemoment käimalaskmisel, kui mootor lastakse käima anormaalset rasket koormusel.

8. Spetsiaal- (eri-) isolatsioon.

9. Rihmaratta mõõdud, kui soovitakse anormaalset suurust.

10. Anormaalne asetus: jalad vastu lage, vertikaalvõlliga, flantsmootor jne.

Eraldi tuleb juurde tellida:

1. Käiviti (vt. p. 67—75).

2. Jalased kinnituspoltidega (rihmveo juures) või vundamentklotsid (kruvidega).

3. Sidur — rihmaseibi asemel (kui see tellimuses eraldi pole tähendatud, saadetakse mootor välja normaalse rihmaseibiga).

4. Hammasratas-ülekanne tiirude alandamiseks.

5. Harjade ülestõste-mehhanism (asünkroon-mootoril).

6. Kaabli muhvid klemmkarbi küljes, kui ühendusjuhtmed soovitakse viia mootorisse kaabliga.

7. Lülituskilp või kast, lüliti, kaitsmete ja mõõduriistadega.

8. Pingutusrull, anormaalset suure rihmülekande või väikese telgede vahe juures.

9. Rihmaseib sisseehitatud tühijooksu-siduriga.

## 66. Mootori silt.

Igale mootorile peab normide kohaselt olema märgitud:

1. Tehase nimetus.

2. Mudeli ehk tüübi nimetus või number.

3. Järjekorra-number.

4. Kasutamiseviisi ja vooluliiki: mootor (generaator, muundaja) alalis-, ühefaasilis-, keerdvoolule jne.

5. Nimivõimsus võllil, kW-des, harvem HJ-des. Kui pole eraldi märgitud, on võimsus antud kestvale koormusele.

6. Pinge voltides.

7. Vool amprites.

8. Nimitiirude arv ja pöörlemise suund (erijuhtumeil).

9. Alalisvoolu šuntmootoril ergutusvoolu suurus.

10. Vahelduvvoolu mootoreil sagedus ja  $\cos \varphi$ .

11. Vahelduvvoolu mootoreil staatori lülitus: täht-, kolmnurk-, ühe- või kolmeefaasiline.

12. Sünkroon-mootoreil ergutusvoolu pinge ja suurus.

13. Asünkroon-mootoreil rootori pinge ja voolu suurus ning rootori lülitus, kui see on 3-faasilisest erinev.

Kui masin ehitatakse ümber, peab ümberehitav firma endisile andmeile lisaks märkima masinale veel oma nimetuse, uued andmed masina kohta ja ümberehitamise aasta.

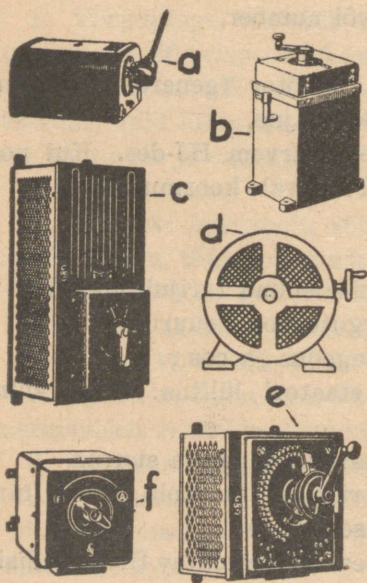
Ex lib. univ. Tart.

## V. KÄIVITID.

### 67. Käiviteist üldiselt.

Käiviti (käimalaskja, käivitaja, starter) kujutab astmelist reguleeritavat takistust (reostaati), mis selleks käivitamise kestusel mootori vooluahelasse lülitatakse, et vältida suuri voolutõukeid võrgus ja et saavutada mootori aeglane, pehme käimine.

Lülituskeemid lihtkäivite jaoks on toodud joon. 17, 18, 20, 25 ja 26. Iga käiviti koosneb kolmest peaosast: 1) väliskestast, 2) takistus-elementidest, 3) lülituskontaktidest. Vastavalt takistusematerjalile, jahutusviisile ja kere- ning kontaktide ehitusele on tarvilusel terve rida käivititüüpe, milledest allpool kirjeldatud on tähtsamad.



Joon. 34. Käivitid ja tiiruregulaator.

### 68. Metallkäiviti õhkjahutusega.

Kontaktid on asetatud ringjooneliselt isoleerplaadile. Mööda kontakte libiseb kontakthari. Takistuselemendid ehitatakse nikeliinist, reotaa-nist, rauast jne. Terve käiviti

on kas lahtine (asetusel lülituskilbi taha) või kaitstud plekk-kestaga (joon. 34-c). Paremused: lihtne ehitus ja nõuab vähe järelevalvet. Puudused: a) suurte mootorite juures tuleb käiviti kogu poolest liiga suur, b) on tuleohtlik, c) takistusspiraalid võivad oksüdeeruda, mispärast söövgaasidega ja aurudega ruumis seda tüüpi käiviti on vähekõlvuline ning kasutatakse ainult kuivades puhta õhuga ruumes.

#### **69. Metallkäiviti õlijahutusega.**

Ehitus nagu eelmisel, kontaktid ja spiraalid asetsevad kinnises anumal, nn. õlipaagis (joon. 34-b). Paremused: a) käiviti mõeldud on vähemad, b) kontaktid ja spiraalid on välismõju eest kaitstud. Puudus: lubatud käivituste arv tunnis on väiksem, kuna õli aeglaselt jahtub. Õlijahutusega käiviti kasutatakse määrgades, mudaseis, tolmu- ja plahvatusohtlikes ruumes ning suurte mootorite juures.

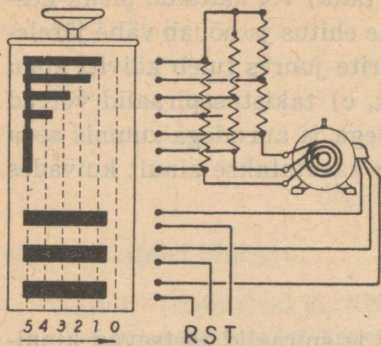
#### **70. Metallkäiviti liivjahutusega.**

Ehitus nagu eelmistel. Spiraalide jahutamine toimub peene räniliivaga. Käiviti on tolmu- ja veekindla kapseldusega.

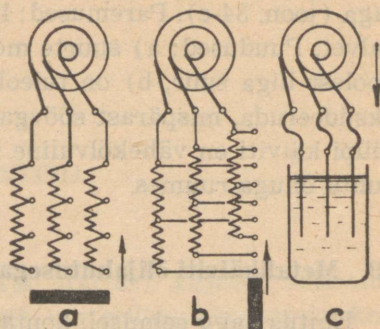
#### **71. Valtskäiviti (kontroller).**

Erineb eelmistest lülituskontaktide ehituse poolest. Viimased asetsevad pöörleval valtsil segmendikujuliselt ja neid puudutavad paigalseisvad kontaktvedrud (sõrmed). Lülituskeem joon. 35. Ehitus tugev ja harilikult tolmu- ning veekindla kapseldusega. Metallist takistusspiraalid on kas õhk- või õlijahutusega ning monteeritud valtsiga ühte keresse või eraldi.

Kasutatakse peamiselt seal, kus mootorit tihti käivitatakse, kus lülituse kombinatsioon on keeruline või kus on karta mehhaanilisi vigastusi ja hoolimata käsitsust: kraanadel, trammidel, tolmu- ja mudaseis ruumes, õues jne.



Joon. 35. Valtskäiviti ühes staatorlülitiga.



Joon. 36. Rootorkäiviti lülitus: a) paralleel-, b) seeries-, c) elektrolüüt-käiviti.

## 72. Grafiitkäiviti.

Takistusmaterjaliks grafiidi ja siliitsiumi segust pressitud look või varras. Viimasel libiseb kontakthari. Välimus vastavalt joonisele 34-f. Paremused: a) lihtne ehitus, nõuab vähe järelevalvet; b) kogult väike; c) võimalik tugevasti üle koormata; d) kerge ehitada kinnise kapseldusega.

## 73. Elektrolüüt-käiviti.

Takistusmaterjaliks elektrolüüt, millesse tiguspindli või plokkvintsi abil lastakse sisse plekkelektroodid (joon. 34-d ja 36-c). Elektrolüüdiks 10—15% sooda või potasi vesilahus. Paremused: a) odav; b) käivitamise ajal väga ühtlane voolutugevuse suurenemine. Halbused: a) elektrolüüt aurab ära ja see tuleb aeg-ajalt uuendada; b) tekitab plahvatavat pauksaasi. Alalisvoolu juures on gaasitekkimine tugev, madalsagedusega rootori voolu juures nõrgem, hariliku 50-perioodilise voolu juures vaevaltmärgatav. c) Käivitamise lõpul, kui elektroodid lühiühendada, kasvab vool järsku tõukeliselt. d) Talvel võib ära külmada.

Elektrolüüt-käiviteid kasutatakse ainult kohtkindlais, ajutistes või suure võimsusega seadiseis. Külmumise vältimiseks tuleb kasutada glütseriini, ca 3 liitrit 10 liitri vee kohta.

#### 74. Käivitite lülitus.

Alalisvoolu mootorite käivitid. Nullseisangus need lülitavad mootori voolu ühepooliliselt välja. Soovi korral võib saada ka kahepoolilise väljalülitamisega käiviti, nii et eraldi pealülitit pole vaja. Takistusastmete arv 4 (1,5 kW) kuni 10 (100 kW). Suuremate võimsuste juures on veel vajalikud 1—3 eelkontakti, et sisselülitamisel vältida järsku voolu kasvamist ning väljalülitamisel vähendada katkestussädet.

Sisse lülitada tuleb pikkamööda, välja ruttu. Mootori käivitiga seismajätmisel katkestatakse viimasel kontaktil ankruvool. Tekib leek, mis on eriti tugev peavoolu mootoril. Leegi mõju vähendamiseks peab olema viimane kontakt tugevama ehitusega. Suuremate võimsuste juures on käiviti varustatud leegi kustutamiseks magnetlöötsaga või momentlülitiga.

Keerdvoolu rootorkäivitid on, vastavalt rootori ehitusele, kas 3- või 2-poolilised (vt. joon. 26). Astmete arv harilikult  $3 \times 2$  kuni  $3 \times 7$ ; suuremail mootoreil veel 1—2 eelastet. Kontaktid üksikuis faasides on enamasti asetatud paralleelselt (joon. 36-a), harvem järjestikku (joon. 36-b).

Käiviti valikul tuleb peale mootori võimsuse silmas pidada veel rootori pinget ja voolu ( $U/J$ ) vahet — viimane kõigub eri firmadel ja mootoritüüpidel 0,5—20 vahel.

#### 75. Käiviti suuruse valik.

Käiviti suuruse määrab kindlaks: 1) mootori võimsus ja pinget, 2) mootori koormus käivitamisel ja 3) käivitamise kestus ning tihedus.

Käivitamisel soojenevad takistuselemendid seda rohkem, mida suurema koormusega ja mida sagedamini käivitatakse;

seejuures ei tohi temperatuur tõusta jahutusõhul üle 175° C, õlil üle 80° C ja elektrolüüdil üle 60° C.

Vastavalt käivituskooormuse suurusele jagunevad käivitiid:

a) Poolkooormuse käiviti. Kasutatakse käivitamisel tühjalt või väikese kooormusega (tööpingid, ventilaatorid, vähemad transmissioonid, mootorid tühijooksu-siduriga jne.).

b) Täiskooormuse käiviti. Kasutatakse mootori käivitamisel täiskooormusel.

Täiskooormusele määratud käivitiit võib kasutada ühe ning sama pinge juures 2 korda suuremal mootoril poole kooormuse käivitina ja ümberpöördukt.

Käivituste kestus ja sagedus on harilikel käiviteil järgmine:

Käiviti tüüp	Käivituse kestus sek.	Maks. käivituste arv järgemööda	Käivituste arv 8 tunni jooksul
Õhkjahutusega 1,5 kW .....	6	4	80
„ 11 „ .....	11	3	50
„ 100 „ .....	24	2	25
Õljajahutusega 3 „ .....	7	5	30
„ 11 „ .....	11	3	25
„ 100 „ .....	24	3	5

Kui käivitamine toimub sagedamini (kraanad, trammid) või kasutatakse käivitiit tiiruregulaatorina, tuleb kasutada erikäiviteid, mis on takistuse poolest võrdsed, kogult ja jahutuspinnalet aga suuremad.

Käivitiit takistuse suurus (oomides) peab vastama mootori suurusele ja kooormusele. Liiga väikese takistuse juures saavutab mootor juba algastmel, liiga suurel takistusel — lõppastmel järsku täiskiiruse, mille tulemuseks on voolutõuked ja kaitsmete läbipõlemine.

## 76. Talitus- (käsitus-) viisid.

a) Normaalselt toimub käivitamine käivitiit küljes asetseva vända või käsiratta abil. Erijuhtumel aga kasutatakse mitmesuguseid teisi viise:

b) Pikendatud võlliga käiviti — asetamiseks lülituskilbi taha.

c) Keti- või hammasrattaga, kui käiviti asetatakse ruumi- puudusel või muul põhjusel eemale. Jõuülekanne toimub keti ja trossi või võlli kaudu.

d) Lülitamine tiguaJamiga või tärinaga, et vältida liiga kiiret käivitamist.

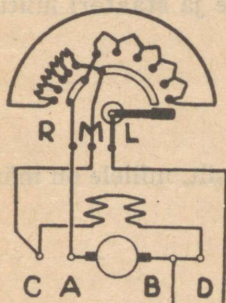
e) Automaatne käivitamine. Kasutamisel peamiselt valveta mootorite juures (veepumbad, kompressorid, tõstemasinad jne.). Voolu sisselülitamine toimub kas käsitsi või automaatselt (näit. ujuklülitiga). Voolu sisselülitamisel toimub käiviti takistuste väljalülitamine automaatselt, kas väikese abimootoriga või elektromagnetite abil.

## 77. Abimehhanismid.

Talituse lihtsustamiseks ja vigade vältimiseks on käiviti mõnikord varustatud mitmesuguste abimehhanismidega:

a) Nullpinge automaat. Käiviti elektromagnet hoiab käepideme vända lõppseisangus; kui kaob võrgupinge, tõmbab vedru vända algseisangusse, vältides nii tõuked ja kaitsmete läbipõlemise voolu sisselülitamisel.

b) Rootorkäiviti ühenduses staatorlülitiga. Mõlemad asetsevad ühes ning samas keres ja ühel ning samal võllil. Vältib vales järjekorras lülitamise.



Joon. 37. Reguleerikäiviti.

c) Reversiivkäiviti. Enamasti valtsikujuline. Ühel ning samal valtsil asetsevad käivituskontaktid ja ümberlülitid — ankru voolusuuna muutmiseks või kahe staatori juhtme ringivahetamiseks. Valtsi käänamisel nullseisangust ühele või teisele poole pöörleb ka mootor ühes või teises suunas.

d) Reguleerkäiviti, tiirude regulee-

rimiseks (tõstmiseks) šuntmootoril. Käiviti on ühenduses šunt-regulaatoriga. Talitus toimub enamasti üheainsa käepidemega (joon. 37). Käivitustakistuse algus ja ergutustakistuse lõpp on omavahel ühendatud, et vältida katkestussädemeid voolu väljalülitamisel.

e) Reguleerkäiviti, tiirude alandamiseks alalisvoolu mootoreil ja keerdvoolu asünkroon-mootoreil. Lülitus sama, mis hari-likul käivitel. Kogu ja jahutus-pind suuremad.

## 78. Käiviti tellimine.

Käiviti tellimisel tuleb teatada:

1. Käivituse tingimused (täis- või poolkoormus), tarbe korral ka täpsem kirjeldus.

2. Ehitus- ja jahutusviis (lahtine, õlijahutusega, valtskäiviti jne.). Kui eritingimusi ei ole antud, lähetavad firmad ise tellijale harilikult kõige odavama tüübi.

3. Talitusviis ja abimehhanismid: (asetus lülituskilbi ette või taha, nullpinge automaadiga jne.).

Tellitakse käividid eraldi, s. o. mootorist lahus, tuleb veel teatada:

4. Mootori tüüp ja võimsus (šunt-, asünkroon- jne.).

5. Alalisvoolu puhul võrgu pinge.

6. Rootorkäivitel rootori pinge ja voolutugevus.

7. Keerdvoolu staatorkäivitel võrgu pinge ja staatori lülitus (täht- või kolmnurk-).

## 79. Käiviti silt.

Igal käivitel peab normide kohaselt olema silt, millele on märgitud:

1. Tehase nimetus.

2. Tüübi nimetus.

3. Järjekorra-number.

4. Vooluliik.

5. Võimsus täiel ja (soovi korral) poolel koormusel, näit. 1/1 4,4 kW; 1/2 8,8 kW.

6. Alalisvoolu ja keerdvoolu staatorkäivitel võrgu pinge.

7. Keerdvoolu rootorkäivitel rootori vool amprites ja lubatud  $U/J$  piirid, näiteks 13—24.

## VI. JÕU ÜLEKANNE.

### 80. Ülekande viisid.

Jõu ülekandmiseks mootori võllilt tööstusmasina võllile on tarvilusel järgmised abinõud:

1) Rihm, 2) sidur, 3) painduv võll, 4) tiguratas, 5) hammasrattad, 6) kett, 7) hõõrumisrattad, 8) teraslint, 9) nõör, köis või tross, 10) kiilrihmad.

Kõige levinum on rihmvedu. Köis- ja kettvedu elektrimootorite juures peagu ei tarvitatagi.

Jõu ülekanne võib olla kas otse mootorilt masinale või kaudne — mootorilt transmissioonile ja sealt masinale.

### 81. Rihma materjal.

Tarvilusel on nahk- ja tekstiil- (puuvill-, kanep- jne.) rihmad. Viimased on enamasti immutatud kas balaata või kummiga.

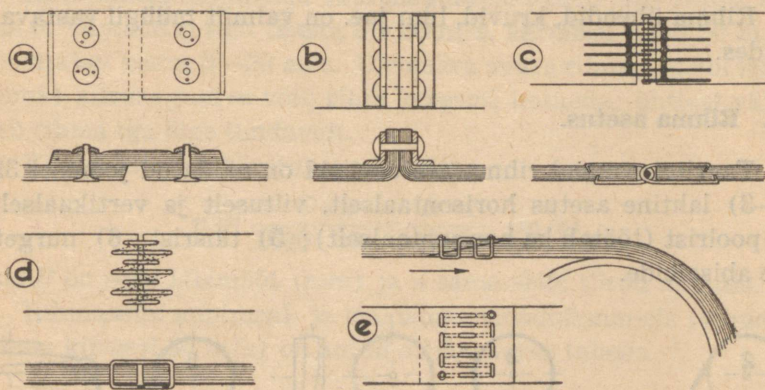
Paremaks rihma materjaliks loetakse pargitud veisenahka. Nahk lõigatakse välja piki selga; mootori rihmad selgroo kohalt, vähemtähtsad tööpinkide rihmad külgedelt. Pargiks tammekoore (tanniin-) park (värvuselt pruun) või (harvem) kroompark (rohekas). Viimase nahaliigi vastupanu keemilistele mõjudele on suurem, kuid nahk ise on pehme. Rihma kare külg asetatakse vastu seibi. Korralik, hästi pargitud ja pingutuse all kuivatatud rihm jookseb seibil nõörsirgelt ega anna külgedel kühme ja volte.

Maksimaalsed mõõdud lihtrihmal on: paksus 5 mm, laius 600 mm. Suurem laius ei ole soovitatav, sest siis rihma ääred venivad välja. Suuremate ülekannete juures tarvitatakse kahekordseid rihmu piiramata laiusega.

## 82. Rihma jätkamine.

Rihma jätkamiseks kasutatakse liimimist, õblemist ja mitmesuguseid rihmalukke ning -klambreid.

Nahkrihmade puhul on parimaks ühendusviisiks liimimine. Liimimiseks lõigatakse jätkukohad 15—20 cm pikkuselt libamisi, tehakse karedaks, aetakse soojaks, kaetakse sooja liimiga ja lastakse pressi vahel 3—4 tundi kuivada. Liimiks kasutatakse segu:



Joon. 38. Rihma ühendid.

4 osa head tiseriliimi, 1 osa želatiini ja 1 osa kalaliimi, lahustatud 6 osas vees. Kasutada võib ka tselluloidilahuseid atsetoonis jne. Rihm tuleb seibile nii asetada, et jätk jookseks päri seibi (joon. 38-e).

Kummirihmade jätkamisel kasutatakse vulkaniseerimist.

Vähemate rihma kiiruste jaoks (alla 10 m/sek.) võib jätkamiseks tarvitada mitmesuguseid rihmalukke.

Tarvitatavamad jätkamisühendid on toodud joon. 38. a) Rihma otsad ühendatakse nahklapi ja rihmakruvidega (Jakson-kruvid). b) Ülestõstetud ja vastamisi asetatud rihma otsad needitakse kokku. c) Terastraadist või plékist „küüned“ lüüakse rihma sisse ja hoitakse omavahel koos vaheleasetatud peene terasvardaga. d) Otsastikku asetatud rihma otsad õmmeldakse

kokku. e) Libamisi lõigatud ja vaheliti asetatud rihma otsad õmmeldakse või liimitakse kokku.

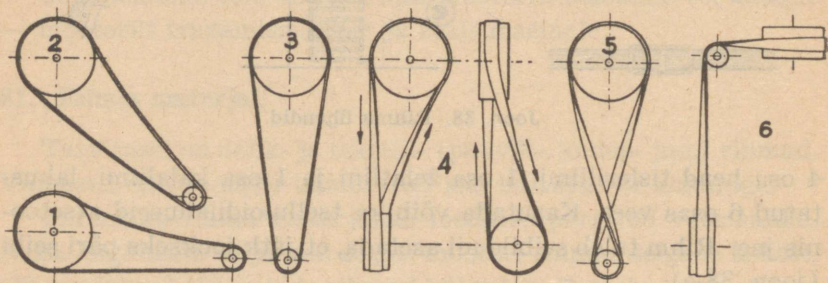
Vähemaid rihmu, laiusega alla 10 cm, jätkatakse maha võetult. Suuremad asetatakse rihmarattal omale kohale, otsad pressitakse pingutusplaatide vahele, viimased tõmmatakse talreppide abil koomale, nii et rihm on pingul, kuid jätkukoht tõmbevaba.

Pingutusseadis kõrvaldatakse pärast rihma jätkamist.

Rihma ühendid, kruvid, liim jne. on valmilt müügil vastavais ärides.

### 83. Rihma asetus.

Tarvitavamad rihma asetusviisid on näidatud joonisel 39: 1—3) lahtine asetus horisontaalselt, viltuselt ja vertikaalselt; 4) poolrist (töötab ka horisontaalselt); 5) täisrist; 6) nurgeti, üle abiseibide.



Joon. 39. Rihma asetusviise.

Mootorite juures kasutatakse peamiselt lahtist, vaba vedu. Soovitav on, et veaks rihma alumine pool (haardenurk veidi suurem). Mõlemad seibid olgu võimalikult ühekõrgusel. Seibide ülesticku asetusest hoidutagu, eriti kui väiksem, vedaja seib on all. Väikeste kiiruste ja kitsaste rihmade juures (tööpinkide rihmad transmissioonveos) võib kasutada ka ristamisi ja nurgeti asetatud rihmu.

## 84. Vähema rihmaseibi läbimõõt.

Mida suurem on seibi läbimõõt  $D$ , seda parem on vedu, kuna tõmbejõud ratta pinnal ja rihmas väheneb. Väikesel  $D$ -l on veel see halb, et siin hõõrumispind on väike ning seetõttu rihm hakkab kergesti libisema. Libisemise vältimiseks tuleb rihma tugevasti pingutada, mis aga koormab laagreid ja ajab need kergesti kuumaks.

Rihmaratta läbimõõdu suurendamisele paneb piiri rihma kiirus  $v$ ; viimane ei tohi tõusta üle 30 m/s, äärmisel juhul 50 m/s; soovitatav kiirus 5—20 m/s. Ülemäära suure rihma- (seibi ringpinna) kiiruse juures võib rihm kergesti katkeda; ühtlasi väheneb rihma iga õige tunduvalt.

Rihma kiirus määratakse valemiga:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{D \cdot n}{19000} \text{ (m/s),}$$

kus  $D$  on seibi läbimõõt (mm) ja  $n$  sama seibi tiirud minutis.

Rihmaseibi minimaal- ja maksimaalmõõdud mm-eis (viimane rihma kiirusel 30 m/s) on antud alljärgnevas tabelis.

Tabel 7. Rihmaratta mõõdud.

Tiirud minutis $n$	Ülekantav võimsus HJ - des									Rihmaseibi maksim. läbimõõt
	0,5	1	2	5	10	15	20	25	30	
	Rihmaseibi minimaal-läbimõõt millimeetris									
3000	45	45	60	70	—	—	—	—	—	190
1500	50	60	75	110	150	170	200	220	250	380
1250	55	70	80	120	160	185	220	240	270	460
1000	60	75	90	130	180	215	240	275	290	570
750	65	80	100	145	200	245	275	320	330	760
400	75	95	115	170	240	300	340	400	450	1420
300	80	100	125	185	255	320	360	410	470	1900
200	90	110	140	200	265	340	380	430	480	2850

Näide: Mootor 3 kW (4 HJ) 950 tiiru minutis. Rihmaseib soovitatav mitte alla 130 ja mitte üle 570 mm.

Elektrimootorid on enamikus varustatud minimaal-läbimõõdu rihmaseibiga, millest allapoole minek ei ole soovitatav.

## 85. Suurema rihmaseibi läbimõõt.

Suurema seibi läbimõõt oleneb soovitatavast ülekandest, s. o. tiirude vahekorrast

$$n_2 : n_1 = D_1 : D_2 \text{ ehk } D_1 = \frac{D_2 \cdot n_2}{n_1},$$

kusjuures  $D_1$  — suurema seibi läbimõõt,  $D_2$  — väiksema seibi läbimõõt,  $n_1$  — suurema seibi tiirud,  $n_2$  — väiksema seibi tiirud.

Täpsel arvutusel tuleb arvesse võtta veel 1—3% rihma libisemist ning tarbe korral võtta veetav ratas sedavõrd väiksem või vedaja suurem.

Näide: Mootori rihmaseibi läbimõõt  $D = 100$  mm, transmissiooni oma on 4 korda suurem, s. o. 400 mm. Kui mootor teeb 1420 tiiru, teeb transmissioon neid 4 korda vähem, s. o. 355 tiiru või, arvesse võttes rihma libisemisena 2%, umbes 350 tiiru.

## 86. Rihmaseibi ehitus.

Rihmaseibi materjalina kasutatakse peamiselt malmi, rohkesti ka puitu. Rauda või terast ainult erijuhtumel (suure kiiruse juures). Puitseibi paremused (võrreldes malmiga): väiksem kaal (väiksemad transmissiooni-kaod), odavam hind, rihma väiksem kulu ja suurem hõõrumistegur. Halbused: niiskuse mõjul kaardub puitseib või kuivades hakkab logisema.

Seibid valmistatakse kas ühest tükist või (transmissioonidele asetamiseks) kahest poltidega kokkutõmmatavast poolest. Võllile kinnitamist vt. p. 119.

Normaalselt tarvitatakse järgmiste läbimõõtudega rihmaseibe: 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000 mm.

Seibi laius peab olema vähimalt 10 mm rihma omast suurem. Üks seibidest, harilikult veetav, tehakse kumer, harilikult 1 kuni paar mm, et rihm paremini seibil püsiks.

Libisemise vähendamiseks kaetakse seib mõnikord nahk- või kummibandaažiga. Läbimõõdu suurendamiseks võib tarbe korral kasutada kruvide abil ratasringi kinnitatud puust katet.

Suurema ringpinna (rihma) kiiruse juures, 20 m/s ülespoole, peab seib olema hästi tsentreeritud ja mehaaniliselt tugev, kuna muidu tsentrifugaaljõu mõjul võivad puruneda laagrid või seib ise.

### 87. Lubatud maksimaalne rihmaseibi suuruste suhe.

Suurema ja väiksema rihmaratta läbimõõdu vahekord ei tohi lahtise rihmveo juures tõusta üle alljärgnevas tabelis antud suuruste, kuna muidu haardenurk ja rihma kokkupuutepind seibiga jääb väiksemal seibil liiga väikeseks. Kui on vaja suuremat ülekannet, tuleb abiks võtta pingutusrull.

Tabel 8. Rihmarataste maksimaalne suhe.

Rihma asetus		Telgedevahed		
		maksi- maalne	nor- maalne	mini- maalne
Horisontaalne	Alumine pool veab	10:1	8:1	6:1
	Ülemine " "	7:1	6:1	5:1
Viltune	Alumine pool veab	7:1	6:1	5:1
	Ülemine " "	5:1	4,5:1	4:1
Vertikaalne	Ülemine ratas veab	6:1	5:1	4:1
	Alumine " "	5:1	4:1	3:1

Näide: Põrandal asetsev mootor veab lae alla asetatud transmissiooni. Rihm 45° viltu. Veab rihma alumine pool. Mootori seibi  $d = 100$  mm. Transmissiooni seibi  $D$  võib olla maksimaalselt 500—700 mm.

### 88. Rihmaseibide kaugus üksteisest.

Rihmaseibide kaugus teljest teljeni ei tohi harilikku vaba veo juures olla vähem tabelis 9 antud suurustest. Kui teljed asetsevad lähemal, tuleb abiks võtta pingutusrull.

Tabel 9. Telgede minimaalne vahe.

Väiksema seibi läbimõõt $D_2$ (mm)	Suurema seibi läbimõõt $D_1$ (mm)						
	200	280	400	560	800	1120	1600
	Minimaalne telgede vahe (m)						
50	0,5	0,75	1,0	1,5	1,9	2,75	3,8
100	—	0,5	0,75	1,25	1,75	2,5	3,7
200	—	—	0,5	1,0	1,5	2,25	3,5
280				0,75	1,25	2,0	3,3
400				0,6	1,0	1,75	3,0

Tabel 10. Telgede maksimaalne vahe, olenev rihma laiuusest.

Rihma laius (cm)	6	8	12	16	20
Telgede maksimaalne vahe (m)	5	5,5	6,5	7	8

Ülaltoodud tabelis on antud telgede vahe minimaal- ja maksimaalpiirid.

Kui telgede vahe ei ole määratud masinate asetusega ja laseb end vabalt muuta, on soovitatav kasutada tabelis 11 antud keskmisi suursi.

Tabel 11. Telgede keskmised vahed.

Läbimõõdu vahe $D_1 - D_2$ * mm	Rihma laius (cm)				
	6	8	12	16	20
	Normaalne teljekaugus (m)				
400	3,2	3,4	3,8	4,2	4,6
600	3,4	3,6	4,0	4,4	4,8
800	3,6	3,8	4,2	4,6	5,0
1000	3,9	4,1	4,5	4,9	5,3
1200	4,2	4,4	4,8	5,2	5,6

\*  $D_1$  = suurema,  $D_2$  = väiksema seibi läbimõõt.

Näide: Väiksema seibi  $D_2 = 225$  mm, suurema seibi  $D_1 = 800$  mm. Rihma laius 10 cm. Telgede vahe tuleb võtta mitte alla 1,75 m ja mitte üle 6 m. Kuna  $D_1 - D_2 = 575$  mm, on soovitatav vahe umbes 3,8 m.

## 89. Rihma laius.

Rihma laius oleneb tõmbejõust rihmas, s. o. ülekantavast võimsusest ja kiirusest. Paksust harilikult arvesse ei võeta. Tabe-

lis 12 on antud HJ arv 1 cm rihma laiuse kohta normaaltingimuses nahkrihmale. Erijuhtumel, nagu tõukeline koormus, vertikaalne asetus, anormaalset väike telgede vahe jne., on soovitatav valida rihm veidi laiem.

Tabel 12. Rihma laiuse arvutamine.

Väiksema seibi $D_2$ mm	V ä i k s e m a s e i b i t i i r u d m i n u t i s									
	3000	2000	1500	1200	1000	750	600	500	375	300
	1 cm rihma laiuse kohta ülekantav HJ-de arv									
50	0,2	0,16	0,1	0,08	0,07	*	*	*	*	*
63	0,3	0,2	0,15	0,12	0,10	0,09	*	*	*	*
80	0,4	0,3	0,21	0,16	0,14	0,11	0,08	*	*	*
100	0,5	0,4	0,28	0,22	0,19	0,14	0,11	0,08	*	*
125	0,8	0,6	0,4	0,32	0,26	0,20	0,16	0,12	0,08	*
160	1,5	1,0	0,7	0,53	0,42	0,3	0,22	0,18	0,14	0,1
200	×	1,6	1,1	0,83	0,66	0,45	0,33	0,25	0,18	0,15
225	×	2,0	1,8	1,03	0,81	0,55	0,40	0,31	0,22	0,18
250	×	×	2,2	1,29	1,00	0,68	0,50	0,38	0,28	0,21
280	×	×	×	1,68	1,32	0,87	0,63	0,48	0,34	0,27
320	×	×	×	2,23	1,74	1,14	0,82	0,63	0,44	0,34
360	×	×	×	2,80	2,16	1,40	1,06	0,80	0,57	0,44
400	×	×	×	3,38	2,63	1,73	1,28	1,00	0,71	0,55
450	×	×	×	×	3,20	2,09	1,55	1,25	0,88	0,68
500	×	×	×	×	3,93	2,52	1,86	1,50	1,07	0,83

× liiga suured kiirused. \* liiga väike läbimõõt.

Näide: Mootor 2,2 kW (3 HJ), 1430 tiiru minutis. Rihmaseibi  $D_2 = 125$  mm. Leida rihma laius.

Lahendus: a) Tabeli järgi 1 cm kannab üle 0,4 HJ. b) Rihma laiuseks tuleb võtta  $3 : 0,4 = 7,5$  cm või enam.

Poolrist-asetusega rihmal on ülekantav võimsus 25% väiksem. Pingutusrulliga võib ülekantav HJ arv olla umbes 50% suurem või võrdse HJ juures rihm ca  $1/3$  võrra kitsam.

Ülaltoodud tabel on enamasti kehtiv ka immutatud tekstiil- (kummi-, balaata-) rihmade kohta, sest viimased valmistatakse harilikult sellised, et nende vastupidavus võrdub sama laiusega nahkrihmale.

## 90. Rihma pikkus.

Rihma pikkuse määrab kindlaks valem:

$L = 3,14 \cdot \frac{1}{2} (D_1 + D_2) + 2l$  + jätkamiseks vajalik osa,  
kus  $L$  — rihma pikkus cm-eis (m-eis),  $D_1$  ja  $D_2$  — seibide läbimõõdud cm-eis (m-eis),  $l$  — telgede vahe cm-eis (m-eis).

## 91. Rihma pingutus.

Mida vähema rihma pingutusega läbi saab, seda parem, sest seda vähem on laagrite koormus ja jõukadu rihmas. Teatav pinge peab rihmas olema alati, sest et ta muidu üldse ei vea. Rihma pingutamiseks asetatakse elektrimootor jalastele, millel teda võib nihutada kruvide abil edasi-tagasi.

## 92. Rihma hooldamine.

Libisemise puhul tuleb nahkrihmu seestpoolt rasvaga määrada, kuid vähehaaval, sest rihm võib muidu suure libisemise tõttu maha paiskuda; algul libisemine veidi suureneb, kuid see nähtus kaob varsti, sest rihm tursub, imedes rasva endasse, ja muutub nätskemaks.

Libisemise vältimiseks võib häda korral tarvitada ka kolofooniumi; rihma kestusele aga mõjub see halvasti.

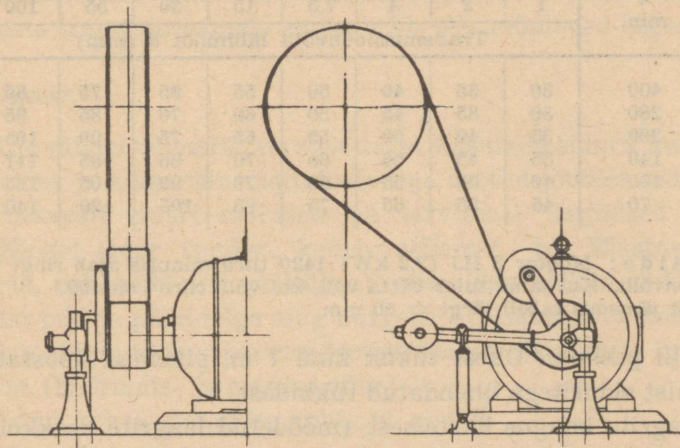
Pideva libisemise korral on vastuabinõudeks: rihma pingutuse suurendamine, nahk- või kummibandaaž seibil, laiem rihm, pingutusrulli kasutamine või suurema läbimõõduga seibid.

Külgehakanud tolmu ja mustuse kõrvaldamiseks tuleb aegajalt, umbes kord või kaks aastas, rihma sooja veega pesta või harjata, kuivaks hõõruda ning rasvaga sisse määrada. Mineraalõlide eest hoiduda, sest need teevad naha hapraks. Kui rihm on kaardus, tuleb ta märjaks teha ja haamriga sirgeks kloppida.

## 93. Pingutusrull.

Kui teljed asetsevad liiga lähestikku, ülestikku või on ülekanne liiga suur, tuleb abiks võtta pingutusrull. Pingutusrullil

on ka veel see paremus, et rihma eelpingutus on väiksem ning seetõttu kasulik tööpingutus võib olla veo ajal sedavõrd suurem.



Joon. 40. Pingutusrull.

Pingutusrull asetatakse väiksema seibi kõrvale, vastu rihma veevatavat (koormuseta) poolt. Kohale monteeritakse ta kas otseselt mootori külge või eraldi laagripukile, otsastikku mootori võlliga.

#### 94. Transmissioonvõll.

Transmissioonvõll võetakse abiks siis, kui mootor peab andma jõudu korraga mitmele töömasinale, kui otsene ülekanne läheb liiga suureks (üle 1 : 10) või kui tiirusid kavatakse muuta astmeliste rihmaseibide abil.

Transmissioonvõlli tiirud võetakse harilikult:

Puidu- ja tekstiiltööstuse-masinail 250—400.

Kergeil metallitöö-masinail 140—250.

Peavõllidel ja raskeil metallitöö-masinail 100—160.

Võllid valmistatakse valatud (bessemer-) terasest, harvem tiigliterasest. Võlli minimaalne jämedus valitakse vastavalt tabelile 13.

Tabel 13. Transmissioonvõlli jämedus.

Tiirud <i>n</i> min.	Ü l e k a n t a v v ö i m s u s (HJ)							
	1	2	4	7,5	15	30	55	100
	Transmissioonvõlli läbimõõt <i>d</i> (mm)							
400	30	35	40	50	55	65	75	85
280	30	35	45	50	60	70	85	95
200	35	40	50	55	65	75	90	105
140	35	45	50	60	70	85	95	117
100	40	50	55	65	75	90	105	125
70	45	55	65	75	85	105	120	140

Näide: Mootor 3 HJ (2,2 kW) 1420 tiiru minutis ajab ringi transmissioonvõlli. Kui jäme tuleb võtta võll, kui võlli tiirud on 400? Võlli jämedus tabeli järgi = 40 mm.

Võlli pikkus: Ühest tükist kuni 7 m, pikemad koostatakse üksikuist siduritega ühendatud tükkidest.

Laagrite kaugus üksteisest (mõõdetud laagrite keskkohast) tuleb võtta mitte üle tabelis 14 antud suuruste.

Tabel 14. Laagrite vahe.

Võlli läbimõõt <i>d</i> (mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	150
Laagrite vahe <i>l</i> (m)	1,6	1,75	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,7

Ainult erijuhtumel, kui kahe laagri vahele ei tule rihmaseibi, võib vahet pikendada peenemal võllidel 25%, jämedamail kuni 50%. Täpse vahe määravad kindlaks kohapealsed olud: ruumi suurus, tööpinkide asukoht jne.

Et vältida võlli edasinihkumist piki telge, varustatakse võll harilikult esimese laagri juures kahe seadevõruga.

## 95. Rühm- ja üksikveo võrdlus.

Rühmveo (transmissiooni) puhul peab mootor vastama veevõtte tööstusmasinate keskmisele jõutarvitusele, üksikveo juures kõige suuremale võimsusele.

Rühmveo paremuseks on väiksemad kapitali- (ehitus-) kulud.

Puuduseks: a) Suuremad otsesed kasutuskulud. b) Ruumis ristavad rihmad varjavad valgust ning segavad liikumist.

Üldiselt tuleb suurtest transmissioonidest enamasti hoiduda, väikeste transmissioonide ehitus võib olla mõnikord õigustatud.

## 96. Sidur.

Kus vähegi võimalik, on soovitatav kasutada sidurit kui kõige lihtsamat ja kõige vähemate kadudega seotud jõuülekanne viisi.

Vastavalt siduri ehitusele on tarvitusel järgmised liigid:

a) Kindel sidur (muhv-, ketas-, sellers-). b) Elastne sidur (rihma, nahkseibi või -poltidega) võimaldab võllide väikest liikumist piki ja põiki telge ning nurgeti. c) Lahutatav sidur, võimaldab käigul töomasina eraldamist (hammassidur) ja ka ühendamist (hõõrumis- ja magnetsidur).

Siduri kohaleasetamise kohta vt. p. 118.

## 97. Painduv võll.

Kasutatakse kohtmuutlike, kantavate tööriistade ühendamiseks paigalseisva mootoriga. Valmistatakse kruvitaoliselt kokkukorruptatud terastraadist, läbimõõduga  $d = 5 - 100$  mm. Võlli painderaadius ei tohi olla väiksem kui  $7 \times d$ .

Kaitseks on võll kaetud pealt metallvoolikuga.

Tabel 15. Painduva võlli läbimõõt.

Tiirud $n$ minutis	Ülekantav võimsus (HJ)					
	0,1	0,25	0,5	1	2	5
	Painduva võlli läbimõõt $d$ (mm)					
3000	8	10	12,5	15	20	35
1500	8	12,5	15	20	25	40
1000	10	15	20	25	30	50
750	10	20	25	30	40	60

## 98. Tigurattad.

Kasutamisel seal, kus on tähtis suur tiirude vähendamine; ülekanne vahekord 5 : 1 kuni 40 : 1.

Tarvitusel peamiselt tõstemasinate, spillide, harvem mitmesuguste tööstusmasinate juures. Kasutegur 75—90%.

Õlitamine toimub kas silindriõliga (suurte kiiruste juures), kusjuures tiguratas on kinnises kapslis, või õli, grafiidi ja tavoti seguga.

### 99. Hammasrattad ja kettülekanne.

Kasutamisel siis, kui on vaja kindlat, mittelibisevat jõuülekannet või kui ruum rihmülekande jaoks on liiga piiratud. Hammasrattad on tarvitusel peamiselt trammidel ja tõstemasinail. Ülekanne ühe rattapaariga mitte üle 10 : 1.

Hammasratta materjaliks on peamiselt malm, teras, fosforpronks, tekstoliit ja kokkupressitud toores nahk. Kasutegur 70 (sissetöötamata hammaste puhul) kuni 97% (karastatud ja lihvitud hammaste puhul).

Õlitamine toimub nagu tiguratastelgi; erandiks on nahkrattad, mida tuleb hoida mineraalõlide eest.

### 100. Hõõrumisrattad.

Tarvitusel ainult väikeste jõudude juures (kuni 5 HJ). Üks ratas malmist, teine nahkkattega või (harvem) puidust.

Hõõrumisrattaid kasutatakse mõnikord ka kiiruse reguleerimiseks: sel juhul on teljed risti, kusjuures üht ratast, mööda teise küljepinda, võib edasi-tagasi nihutada.

### 101. Teraslint.

Kasutamisel mõnikord rihma asemel. Mõõdud: paksus 0,2—1 mm, laius 30—250 mm. Seibid silindrilised, pealeliimitud kummi- või nahkkattega, läbimõõt mitte alla 350 mm. Libisemine 0,1—0,5%.

### 102. Nöör, köis ja tross.

Nööri kasutatakse väikese võimsusega (harilikult 0,1 kW-st allapoole) elektrimootorite juures, köit ja trossi aga peamiselt suurte jõudude ja kauguste juures.

### 103. Kiilrihmad.

Jõu ülekandeviis on iseloomult analoogiline nööri või köie ülekandele, kuid rihmad ja sooned rihmaratta välispinnal on ristlõikes trapetsi-kujulised. Kiilrihm ise on valmistatud kummist, millesse tõmbejõu suurendamiseks on paigutatud pikuti jooksvad nõörid. Rihmu asetatakse ühele seibile tavaliselt mitu tükki kõrvuti.

Kiilrihmade paremused võrreldes hariliku rihmaga on: a) suur lubatav ülekanne (kuni 1 : 10), b) väike telgede vahe, seibid võib asetada peaaegu vastamisi, c) väike eelpingutus ja seetõttu väike laagrite koormus.



## VII. MOOTORI ÜLESSEADMINE.

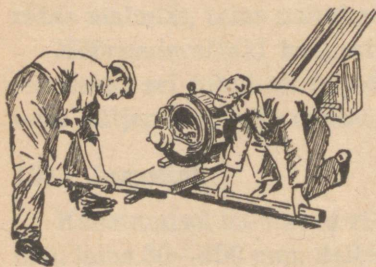
### *Mehaaniline osa.*

#### 104. Mootorite transport.

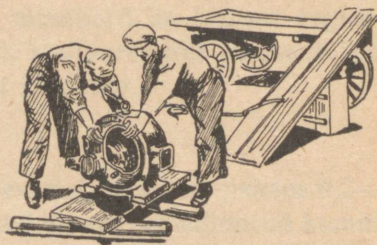
Väikeste, alla 50-kg (3 puuda) masinate tõstmine ja kandmine toimub käsitsi, suuremate raskuste korral tuleb erilised abinõud tarvitusele võtta. Alljärgnevalt on selleks antud üldisi juhtnõore, täpsed töövõtted tuleb kindlaks määrata koha peal, vastavalt oludele ja abinõudele.

#### 105. Horisontaalne transport.

Masin kergitatakse kas tungraua või vaheldumisi kangide ja puitkiilude abil üles (joon. 41) ning nihutatakse edasi mööda



Joon. 41. Mootori tõstmine rullidele.



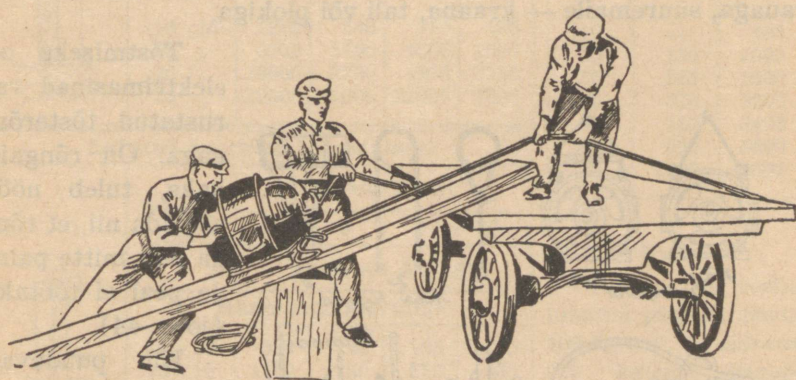
Joon. 42. Mootori edasi-nihutamine rullidel.

allaasetatud veerevaid rulle (joon. 42). Rullidena võib kasutada 5—10 cm jämedusi puitteibaid või rauðtorusid. Edasinihutamine toimub kangide, tungraua või tali abil. Väga pehme maa korral tuleb rullidele pikuti laotatud laudadest tee ette teha.

Et vältida malmjalgade murdumist ja kergendada rullide vee-remist, on soovitatav, et masin asetseks puitplankudel või plaadil.

### 106. Viltune transport.

See moodus tuleb ette peamiselt masinate vankrilt maha- ja pealelaadimisel. Mahalaadimine toimub mööda plankusid, millede üks ots toetub vankri või vaguni platvormile, teine maha. Tarbe korral tuleb plankudele pukid, tühjad kastid jne. toeks alla panna või suuremate raskuste korral liipreist ja palkidest talased ehitada. Allalaskmisel libistatakse masinat kangide abil mööda plankusid edasi. Et libisemise kiirus liiga suureks ei läheks, tuleb



Joon. 43. Mootori laadimine vankrile.

masinale igaks juhuks kõis taha panna ning viimasest pisitasa järele anda.

Pealelaadimisel, s. o. masina nihutamisel mööda kaldpinda üles, mõjub hõõrumine takistavalt. Hõõrumise vähendamiseks võib plankudele asetada lattrauad, mida mööda masinat edasi lohistatakse. Äärmisel juhul võib ka rulle tarvitada, kuid ettevaatlikult, et masin lahti ei pääseks ning alla libisedes ei puruneks.

Ülesvedamiseks seotakse mootori ümber, pealepoole jalgu ja tarbe korral veel tõsterõnga külge, köied. Ülesvedamine toimub suuremate raskuste korral talidega, millede otsad on kinnitatud mingi kindla eseme või viimase puudumisel maasse kaevatud ankurklotsi külge.

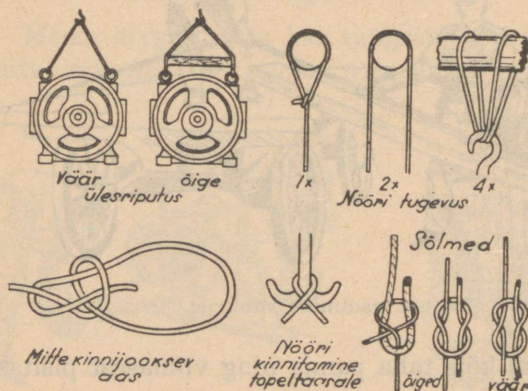
Vähemate raskuste korral aitab, kui nõõri teine ots kinnitatakse pinguletõmmatult platvormi külge (selleks võib teda ühe korra ümber platvormi keerata) ning nõõr, ise platvormil seistes, üles tõstetakse (joon. 43). Iga tõste korral nihkub mootor veidi edasi.

### 107. Mootori tõstmine.

Väikestele kõrgustele saab mootorit tõsta kangi või tung-rauaga, suuremaile — kraana, tali või plokiga.

Tõstmiseks on elektrimasinad varustatud tõsterõngaga. On rõngaid kaks, tuleb nõõr asetada nii, et rõnga polt mitte painde peal ei töötaks (joon. 44).

Kui puuduvad laekonksud või talid tali ülemise otsa kinnitamiseks, tuleb abiks võtta palkidest või prussidest valmistatud pukid.




Joon. 44. Aasad ja sõlmed.

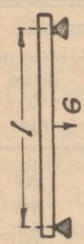
Enne tõstmist tuleb kõik aasad ja sõlmed kokku tõmmata. Nende kergemaks lahtiharutamiseks võib sõlmedele torgata vahele teravad puitkiilud.

Raskem on olukord, kui mootor tuleb jalgadega vastu lage kinnitada. Kui võimalik, tuleb lakke kinnitamiskohale auk raiuda, kust talikett läbi mahub; kui see läbiviidav ei ole, tuleb ehitada lae alla telling, millele mootor mööda viltusi planke üles hiivatakse, seliti keeratakse ja puitklotside ning kangide abil vastu lage tõstetakse.

Tabel 16.

Lubatud koormus männipuidust püst-tugipalkidel*)					
	Läbi-mõõt (cm)	Pikkus $l$ (m)			
		2	3	4	5
	Koormus $G$ (kg)				
10 cm	1200	540	310	195	
15 "	6200	2750	1550	1000	
20 "	19000	8700	4900	3150	
25 "	29000	21000	12000	7600	

Lubatud koormus kandetaladel					
	Profiil (cm)	Pikkus $l$ (m)			
		2	3	4	5
	Koormus $G$ (kg)				
Männipuit, kandiline					
10×10	330	220	165	130	
15×15	1100	750	550	450	
20×20	2650	1750	1300	1050	
25×25	5200	3500	2600	2100	
I-raud*) (serviti)					
NP 10	610	400	300	245	
NP 15	1700	1150	850	680	
NP 20	3800	2500	1900	1500	
NP 25	7000	4700	3500	2800	

Tabel 17.

Lubatud koormus köitel ja trossidel*)		
Läbi-mõõt	Kanep-köis	Teras-tross
mm	kg	kg
10	—	450
15	130	1000
20	225	1600
25	370	2200
30	540	3400
40	900	5800
50	1500	9000

\*) Märkus:

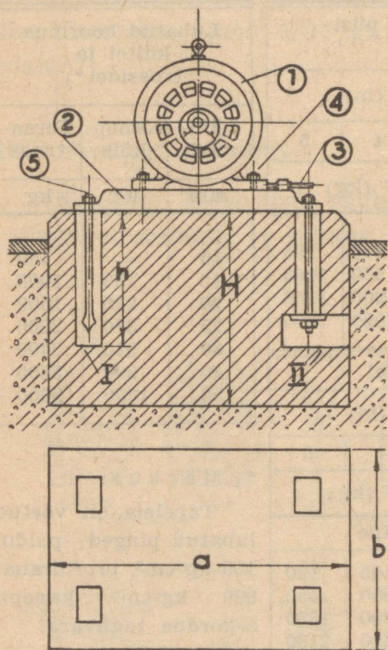
Tabeleis on võetud lubatud pinged: puidul 100 kg/cm<sup>2</sup>, profiilraual 900 kg/cm<sup>2</sup>, kanepil 8-kordne tagavara.

## 108. Mootori kinnitamine alusele.

Rihmveo puhul kinnitatakse mootor poltide abil kahele jala-sele, millel teda pingutuskruidide abil võib nihutada edasi-

tagasi. Jalased kinnitatakse omakorda kruvide või ankrupoltide abil mingi aluse, näit. vundamendi või konsooli külge. Sidurveo puhul kinnitatakse mootor harilikult koos ringiveetava masinaga malmraamile ning viimane aluse külge.

Alusena võib kasutada: a) vundamente, b) seinakonsole, c) aampalkide külge kinnitatud puitplankusid, d) selle masina osi, mille jaoks mootor on määratud.



Joon. 45. Mootori vundament.

1. Mootor. 2. Jalased. 3. Pingutus-kruvi. 4. Polt mootori kinnitamiseks jalaste külge. 5. Ankrupolt.

## 109. Vundament.

Suuremad mootorid ja masinad asetatakse erivundamendile. Vundamendi joonised harilikult antakse ühes masinaga firma poolt kaasa. Joonisel on antud vundamendi pikkus  $a$ , laius  $b$  ja ankrupoltide aukude asetuskohad ja suurused ning sügavus  $h$ . Üldine kõrgus  $H$  on lahtine,

Tabel 18.

Mootori vundamendi mõõdud.

Mootori võimsus kW	Vundamendi	
	pikkus $a$ cm	laius $b$ cm
1,1	65	35
2,2	80	40
5,5	90	50
11	105	75
22	110	95
50	125	110

olenedes kohapealseist oludest; nimelt tuleb vundament rajada võimalikult kõvale aluspinnale ning ehitada vähimalt 20—25 cm põrandapinnast kõrgemale.

Materjalina kasutatakse peamiselt silikaatkive, paasi, telliseid või tampbetooni.

Vundamendi ligikaudsed mõõdud mootorile 1500—1000 pöördega minutis rihmveo jaoks on antud tabelis 18.

### 110. Kivivundament.

Kivivundament ehitatakse tavaliselt pae- või telliskivist, harvem silikaat-, tsement- jne. kividest.

**P a e k i v i v u n d a m e n t :** Tavaline kivide paksus 10—15 cm. Müüriks laotakse seguga (mahu järgi): 1 osa portland-tsementi ja 3—4 osa puhast, teralist liiva. Ühe m<sup>3</sup> (kantmeetri) vundamendi peale läheb 1,3 m<sup>3</sup> kive ja 0,4 m<sup>3</sup> segu, milleks vaja 0,12 m<sup>3</sup> (155 kg) tsementi ja 0,45 m<sup>3</sup> (1 koorem) liiva. Vundamendi kõvenemine vältab 5 või enam päeva.

Telliseist vundamendile läheb 1 m<sup>3</sup> peale 380—390 normaal-tellist (26 × 13 × 6,5 cm). Tsementsegu sama, mis paekivil. Enne müürimist tuleb kive veega niisutada.

Silikaat- ja tsementkivide kohta kehtib kõik tellise kohta öeldu.

### 111. Betoonvundament.

Betoon valmistatakse segust (mahu järgi): 1 osa portland-tsementi, 2—3 osa liiva ja 4—6 osa kruusa (tera üle 7 mm) või killustikku. Liiv ja kruus peavad olema puhtad (s. o. savi- ja mullavabad) ja terava kandiga. 1 kantmeetri betooni tarvis läheb 0,21—0,15 m<sup>3</sup> (280—200 kg) tsementi, 0,45 m<sup>3</sup> (1 koorem) liiva ja 0,9—1,0 m<sup>3</sup> kruusa. Vajalik hulk mõõdetakse välja mingi nõuga. Segu valmistamine toimub laudpõrandal. Alla asetatakse liiv, selle peale tsement. Segatakse algul kuivalt, labidaga läbi kühveldades, lisatakse siis niisket kruusa juurde ja segatakse uuesti kuivalt, hiljem veega üle piserdades 3—6 korda, kuni segu muutub õige niiskeks, aiamura taoliseks. Valmis betoonimass asetatakse 15—20 cm kihtidena laudadest vormimiskasti. Ankrupoltide jaoks jäetakse alusesse augud puitklotside abil.

Iga kihti tuleb 7—15 cm jämeduste puitnuiadega seni tampida, kuni ta „higistama“ hakkab, s. o. vesi peale tuleb. Täiteks võib ka suuremaid raud- või paekive tarvitada (telliskivi liigse pudeduse tõttu pole soovitatav), kuid mitte üle  $\frac{1}{3}$  üldpaksusest. Paremaks siduvuseks tuleb kivi märjaks teha ja tsementtolmuga üle puistata.

Kivistumine kestab 10—14 päeva, alles selle järel võib masinate monteerimisega alata. Mootorit ei või aga töösse lasta mitte enne, kui betoon on vähimalt 3 nädalat vana.

## 112. Ajutised vundamendid.

Neid valmistatakse kivist. Sideainena kasutatakse kipsi või metalltsementi, sest et need kivistuvad ruttu. Erijuhtumeil võib kasutada ka puitpakkudest valmistatud ja kividega raskustatud raame.

## 113. Masina kinnivalamine.

Kinnivalamine toimub pärast masina täielikku väljaõiendamist (vt. p. 117 ja 118). Ankrupoldide augud, millesse on lahtiselt asetatud ankrupoldid, samuti jalaste või vundamentplaadi alune valatakse tsementi täis. Plaat või jalased ümbritsetakse selleks otstarbeks puitliistudega. Kinnivalamiseks tarvitatakse vedelat segu 1-st osast tsemendist ja 1—2-st osast peenest liivast. Ankrupoldid kruvitakse pingule alles pärast täielikku kivistumist, normaalselt 10—14 päeva pärast, kuna muidu masin kaardu või ankrupoldid välja võivad tõmbuda. Erijuhtumeil, tellisest vundamendi või kiiresti siduvate segude juures võib masina kinni kruvida ka juba 5—6 päeva pärast.

Mõnikord harva, peamiselt suurte või keeruliste, mitmest tükist koosnevate masinate juures on ankrupoldid varustatud põhiplaadiga (joon. 45-II), kusjuures kinnikiilutud masina ankrupoldid kruvitakse pingule juba enne nende kinnivalamist.

## 114. Konsoolid.

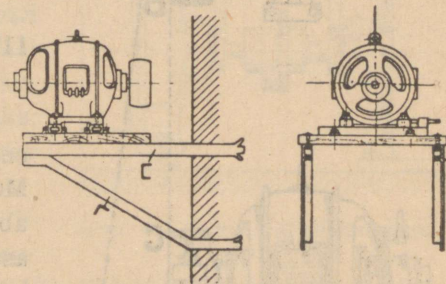
Kui ruumipuudusel või mõnel muul põhjusel mootorit ei saa asetada põrandale, võib kasutada rauast seinakonsoole (joon. 46). Viimased peavad suutma välja kannatada mootori raskuse ja rihma tõmbejõu. Kohased suurused selleks on antud tabelis 19.

Tabel 19. Mootori konsooli mõõdud.

Mootori võimsus kW-des (1000—1500 tiiru juures minutis)		0,8—1,5	2,2—3	4—5,5	7,5—10	
Vajalik	┌-raud (ülemine)	Profiil nr.	5	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8	10
		Kõrgus×laius mm	50×38	65×42	80×45	100×50
raud	└-raud (alumine)	Profiil nr.	4	4	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5
		Laius×paksus mm	40×4	40×6	45×7	50×7
Seina sisse lasta cm		15—20	25—30	30—35	35—40	
Puitplangu paksus cm		3	4	5	6	

Konsool kinnitatakse seina tsemendiga: 1 osa tsementi ja 1 kuni 2 osa liiva (vt. p. 111 ja 113).

Enne sissemüürimist asetada konsool vaterpassiga vesiloodi. Tsemendi kõvenemisaeg 10 kuni 15 päeva, alles siis võib toed kõrvaldada ja alata mootori monteerimisega.



Joon. 46. Mootor konsoolil.

Konsoolile kinnitatakse laudplank ja viimasele jalaste abil mootor. Mootori telg võib asetseda seina suhtes kas risti või rööbiti; esimesel juhul on soovitatav, et rihmaseib asetseks seina pool.

## 115. Lagi mootori kandjana.

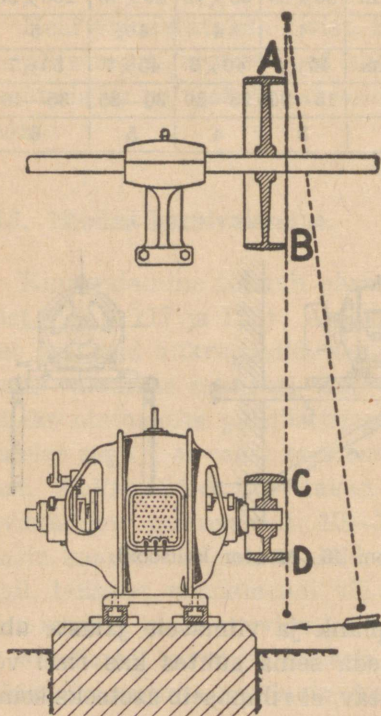
Mootoreid võib kinnitada tarbe korral otse lae aampalkide (jalad püsti) või seina külge. Pukslaagreil tuleb laagrikilpe vastavalt  $180^\circ$  või  $90^\circ$  keerata, nii et määrideõli avaused jääksid ülespoole; kuullaagreil ei ole see vajalik. Võll peab olema alati vesiloodis, välja arvatud eriehitusega vertikaal-mootorid. Ei ole mootori seliti asetamine võimalik, tuleb kasutada U-kujulisi laekonsoole. Mootor tuleb valida ilma harjade ülestõsteta, sest nende käsitsemine lae all oleks raske.

## 116. Flantsmootorid.

Normaalselt on mootor varustatud jalgadega. Erijuhtumisel sidurveo puhul ehitatakse siduripoolne ots flantsikujulisena ja mootor kruvitakse viimase abil otse ringiveetava tööpingi külge.

## 117. Mootorite väljaõändamine rihmveo puhul.

Väljaõändamine toimub enne jalaste kinnivalamist. Mootor kruvitakse poldide abil kõvasti jalaste külge ja asetatakse viimastega koos lahtiselt vundamendile. Jalased ühes mootoriga asetatakse vaterpassi abil piki- ja põikisihis vesiloodi, tarbe korral raudkiilusid ja plekitükke jalaste alla lükates. On mootor vesiloodis, tuleb ta transmissioonvõlli ja seibi suhtes



Joon. 47. Mootori väljaõändamine; õige ja vale seis.

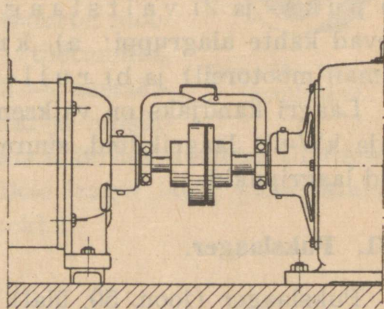
õigesse asendisse viia; nimelt peavad olema täidetud järgmised tingimused: 1) mõlemad völliid peavad olema paralleelsed ja 2) mõlemad seibid peavad olema kohastikku, s. o. keskpunktid asugu ühes vertikaalses tasapinnas. Kontroll toimub peene nõõri abil (joon. 47). Tarbe korral nihutatakse mootorit, tagantjärele vaterpassiga töõd kontrollides. Alles pärast täielikku väljaõõendamist kruvitakse jalased aluse (näit. plangu) külge või valatakse tsemendi abil kinni.

### 118. Siduri väljaõõndamine.

Mõlemad teljed peavad olema paralleelsed ja täpselt otsastikku, s. o. asetsema ühel ning samal joonel, ka elastse siduri juures. Elastse siduri ülesanne on esmajoones tõõgete pehmen-damine; väljareguleerimatult põõriseb ta käigu ajal ja kulub ruttu.

Reguleerimine toimub eri-liste joon. 48 näidatud klambrite abil, mis kinnitatakse võlli külge. On võlliid paral-leelsed ja otsastikku, jäävad terad võlli ringipõõramisel ühekaugusele ja otsastikku. Et võlli „mäng“ ei segaks, lükatakse võlliid juba alguses sissepoole kokku.

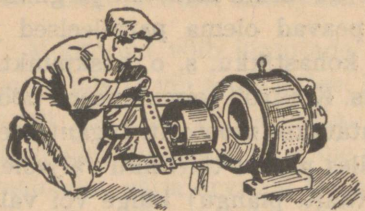
Siduri võllile asetamine ja mahavõõtmine toimub analoogiliselt rihmaseibile (vt. p. 119). Siduri monteerimisel tuleb hoolitseda, et mõlemad siduri pooled (näit. kõik poldid) ühtlaselt veaksid, kuna ta muidu mõõjuks vändana ja koormaks tugevasti laagreid.



Joon. 48. Siduri väljaõõndamine.

### 119. Rihmaseibi montaaž.

Rihmaseibi pealepanekul asetatakse kõõgepealt kiil kohale, seib lükatakse võlli välisele otsale ning taotakse haamri abil,



Joon. 49. Rihmaseibi mahatõmbamine.

puuklotsi vahel hoides, täielikult võlli otsa. Pealeajamisel tuleb võlli teisest otsast mingi raskema esemega, näit. tugeva haamrivarrega vastu suruda, sest muidu võidakse vigastada laagreid. Eriti õrnad tõugete suhtes on kuullaagrid. Rihmaseibi mahatõmbamine toimub erilise spindli abil (joon. 49).

Viimase puudumisel võib kasutada kombinatsiooni tungrauast ja kettidest.

## 120. Laagrid.

Oma ehitusele vastavalt jagunevad laagrid kahte gruppi: 1) puks- ja 2) valtslaagrid. Viimased omakorda jagunevad kahte alagruppi: a) kuullaagrid (tarvitusel väiksemail mootoreil) ja b) rull-laagrid (suurtel mootoritel).

Laagri kandjaks on väiksemail mootoreil (harilikult paarisaja kW-ni) laagrikilbid, suuremail eraldi alusraamile kinnitatud laagripukid.

## 121. Pukslaager.

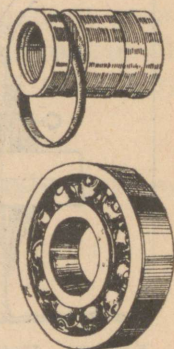
Pukslaager (joon. 50, ülal) koosneb võlli kandvast puksist. Pisikestel mootoritel on puks ühest tükist, suuremail kahest laagrikausist. Puksi materjaliks on pronks või (suuremail) babiitvoodriga malm. Puksil on ülal 1—2 lõhet, mis ulatuvad kuni võllini. Lõhes, toetudes võllile, asetseb õlitusrõngas, ühtlasi ulatudes alumise poolega määrideõlisse. Võlli pöörlemisel hakkab pöörlema ka rõngas, vedades nii õli üles, võlli ja puksi vahele. Õige pisikestel mootoritel (alla 0,5 HJ) on õlirõnga asemel tihti taht, suurtel, eriti turbomootoritel, mõnikord õlipump. Tuleb hoolitseda, et õlirõngas oleks alati õli sees. Õli peab olema happe- ja vaiguvaba ja seda tuleb umbes poole aasta järel uuendada —

tolmuseis ja mudaseis ruumes sagedamini. Õli vahetamisel laager petrooleumiga puhtaks pesta.

## 122. Kuullaagrid.

Kuullaagrid (joon. 50, all) koosnevad sisemisest ja välisest rõngast ning nende vahel asetsevaist kuulidest. Sisemine rõngas pöörleb ühes võlliga, kuna väline seisab paigal. Libisemise asemel esineb siin kuulide veeremine. Paremused: hõõrumine ja jõukulu laagreis on väga väikesed (umbes  $\frac{1}{10}$  pukslaagritega võrreldes), õlitarvitus väike ja nõuab vähe hoolitsemist. Halbus: tundlikum tõugete suhtes, eriti telje sihis. Tolmu kaitseks on kuullaagrid varustatud külgedel labürinttihendustega ja viltrõngastega.

Vabrikust saadetakse mootorid välja õlitaht. Ühest täitest jätkub 5 000 (suurtel mootoritel) kuni 10 000 (väikestel) töötunniks, s. o. 8-tunnise tööpäeva juures 2—4 aastaks. Et vältida kasutat järelmäärimist ja mustamist, on kuullaagrid enamasti ilma määrdeavausteta. Ülaltähendatud tähtaja möödumisel võetakse laager lahti, puhastatakse, määratakse ja pannakse uuesti kokku.



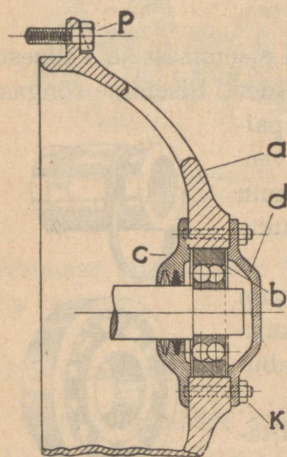
Joon. 50. Puks- ja kuullaager.

## 123. Kuullaagrite puhastamine.

Kuullaagrite lahtivõtmine puhastamise otstarbeks teostub järgmiselt: 1) rihmaseib võetakse maha, 2) kruvid *K* (joon. 51) käänatakse lahti, 3) välsed laagrikaaned *d* kõrvaldatakse, 4) sisemised kaaned *c* lükatakse tagasi, surudes poltidele *K*, 5) laagrikilbi kruvid *p* käänatakse lahti ja 6) laagrikilbid *a* tõmmatakse üle võlliotsa maha. Kuullaagrid *b* ise ühes sisemiste labürinttihendustega jäävad võllile.

Lahtivõetud laagrid pestakse bensiini või bensooliga (mitte petrooleumiga) täiesti puhtaks ja täidetakse mõlemalt poolt uuesti määrdega. Täita ca  $\frac{2}{3}$  kuulidevahelisest ruumist. Liiga

palju määret ajab laagri kuumaks. Määrdega kaetakse tolmu vältimiseks ka völli labürinttihenduste kohal.



Joon. 51. Kuullaager lõikes.

Määrimiseks võib tarvitada puhas-  
tatud vaseliini või erilist kuullaagri  
määret (müügil tuubides). Määre  
peab olema võimalikult puhas ja hap-  
pe- ning vaiguvaba. Harilik tavott sel-  
leks ei kõlba. Kaante küljes asetsevaid  
vilttihendusi niisutatakse veel mine-  
raalõliga, misjärel laager pannakse  
vastupidises järjekorras uuesti kokku.

Rull-laagrite lahtivõtmine on analoogiline, ainult väline rõngas ühes rullidega jääb laagrikilbi külge. Kokkupanemisel peab olema väga ettevaatlik, et laagrikilp viltu otsa ei lükataks, sest sel juhul rullide teravad servad võivad lõigata sisemise rõnga pinnale vaod sisse. Raskemate laagri-

kilpide juures võib abiks võtta kaks ajutiselt kere külge kruvitud juhtpolti, mida mööda laagrikilp kohale lükatakse.

#### 124. Kuullaagrite montaaž.

Kuullaagri sisemine rõngas asetseb völlil võrdlemisi pingul. Völliit mahatõmbamiseks kasutatakse erilist spindlit, mis on ehituselt analoogiline joon. 49 näidatule.

Laagri pealeajamisel tuleb kõigepealt kohale asetada sisemine labürinttihendus, misjärel laager aetakse õlivannis 70—90° C soojaks ja lükatakse vastava jämedusega torujupi vahel hoides kerge te löökidega völli otsa. Hoolitseda, et laager mitte viltu völlile ei aetaks. Nii pealeajamisel kui ka mahatõmbamisel peab rõhumine olema sihitud ainult vastu sisemist rõngast.

#### 125. Mootori pidurdamine.

Mõningail juhtumeil (trammid, liftid, kraanad jne.) on vajalik mootorite pidurdamine nende väljalülitamisel.

Tarvitusel on 3 pidurdamisviisi:

a) **Elektriline**: Võrgust eraldatud mootori ankur ühendatakse üle takistuse kinniseks vooluahelaks ja töötab dünamona. Mida väiksem on takistus, seda suuremad on vool ja pidurdusjõud.

Tarvitatakse peamiselt alalisvooluga töötavil trammidel. Mõnikord harva kasutatakse ka voolu tagasiandmist võrku.

b) **Poolelektriline**: Mootoriga paralleelselt asetseb elektromagnet, mis mootori sisselülitamisel pidurdusklotsi üles tõstab. Väljalülitamisel langeb klots raskuse või vedru mõjul uuesti alla, vastu pidurdustrumlit.

Kasutamisel peamiselt kraanadel ja liftidel.

c) **Mehaaniline**: Pidurdusklotside käsitsemine toimub inimjõul või suruõhuga.

## 126. Abinõud mootori müra vastu.

Müra edasiandmine toimub kas õhu või pörandi kaudu. Esi- mesel juhul aitavad õhutihedad kivist seinad, kahekordsed aknad ja rauduksed (puit kaardub ja annab lõhesid). Vilt- ja kork- polstrid, samuti kahekordsed seinad turba- või saepurutatäitega ei ole kuigi kõlakinlad.

Enamasti kandub heli edasi mööda müüri ja maapinda. Kuna helitõn endiseks jääb, segatakse viimane juhtum tihti ära „õhu- heliga“. Kaitseabinõusid on kaks: a) Masina vundamendi ja ümbritseva müüri vahele jäetakse õhuvähe, vundamendi alla ja, rihmveo juures, ka ühele poole küljele asetatakse mingist isoleerainest, näit. vähimalt 5 cm paksusest korgist kahe raudplaadi vahel asetsev kiht. Vilt ja kummi selleks ei kõlba, sest et nad ruttu kõvenevad. b) Alusraam on kahekordne, masinat kandev osa on vundamendile kinnitatavast osast eraldatud vedrudega ja kõlasummutava isoleerkihiga. Annab võrdlemisi häid tule- musi. Võimalik ka olemasolevais seadmeis tagantjärele tarvi- tusele võtta.

## VIII. MOOTORI RIKKED.

### 127. Rikete põhjused.

Rikete põhjusteks võivad olla:

1. Konstruksiooni- ja materjalivead.
2. Kuritahtlikud rikked (näit. ümberühendamised mootori sees jne.).
3. Talitus- (käsitsus-) vead.
4. Ülekoormus.
5. Kulumine ja vananemine.

Allpool on käsitletud ainult kolmel viimasel põhjusel esinevaid tähtsamaid juhtumeid. Konstruksioonivead võivad ette tulla ainult harva, erijuhtumel, sest mootoreid valmistatakse seeriates viisi ja iga üksik mootor enne väljasaatmist proovitakse.

### A. Üldised rikked.

*I tunnus: Mootor (alalisvoolu mootoril eriti ankur) läheb töö ajal anormaalset kuumaks (lubatud temperatuur vt. p. 12).*

Põhjus: 1. Ülekoormus.

2. Mootori jahtumine on ümbruse, näit. väikese kinnise kaitsekasti tõttu takistatud.

3. Keerdvoolu mootoril on ühes juhtmes logisev kontakt, mootor töötab tükati ühefaasiliselt, mistõttu kuumeneb peamiselt ülekoormatud faas.

Abistamine: 1. Ampermeetriga koormust kontrollida, koormust vähendada või suurem mootor üles seada.

2. Ventilatsioon parandada.

3. Talitada nagu tunnuse XVI — 1 juures, eriti pidada silmas liikuvaid osi — lülitiit ja kontaktkahvliit.

Mõnikord võivad soojeneda ainult üksikud osad, peamiselt üksikud vigased ankrusektsioonid (vt. tunnust X) jne., kusjuures soojus edasi kandub ka teistele osadele, tekitades mulje üldisest soojenemisest. Täpsemaks kontrollimiseks tuleb mootor seisma jätta kuni täieliku jahtumiseni ja siis uuesti paariks minutiks käima lasta. Kuumenenud osad tehakse kindlaks käega kompamise teel.

*II tunnus: Laagrid lähevad anormaalset kuumaks.*

Põhjus: 1. Õli puudub, õlirõngas on kinni jäänud, õli on liiga must ja paks.

2. Rihm on liiga pingul.

3. Mootor on alusele kinnitamisel kaardu tõmmatud või on laager liiga pingul.

Abistamine: 1. Õlirõngas järele vaadata, õli uuendada, tarbe korral laager petrooleumiga puhastada.

2. Rihm lõdvemale lasta.

3. Mootor rihmata joosta lasta; kui temperatuur ei alane — ankrupolte järele lasta, tarbe korral plekke alla asetades.

*III tunnus: Koormusega käivitades soojeneb käiviti anormaalset ja selle viimasel astmel esineb tugev voolutõuge või kaitsmete läbipõlemine (vt. ka tunnust XIX).*

Põhjus: Käiviti on nõutava võimsuse jaoks liiga väike.

Abistamine: Käivitusvoolu mõõta, käivituskoormust vähendada või suurem käiviti valida.

*IV tunnus: Mootor läheb järsu tõukega käima alles siis, kui käiviti on juba osaliselt sisse lülitatud — käiviti kontaktid on sellel kohal kõrbenud.*

Põhjus: Käivitiil on nimetatud kohal katkestus.

Abistamine: Proovilambi, induktori või mõne muu vastava mõõduriistaga üle kontrollida. Tarbe korral parandada või uuendada.

*V tunnus: Rihmaratas on kuum.*

Põhjus: Rihm libiseb.

Abistamine: Rihm pingutada, nahk rasvaga sisse määrada (tursutamiseks) või kompolit rihmale vahele lasta (viimane võte kahjustab rihma väärtust).

## *B. Alalisvoolu mootorid.*

*VI tunnus: Mootor ei lähe käima.*

Põhjus: 1. Katkestus ühendusjuhtmeis (näit. kaitsekork ei ulatu põhja).

2. Käiviti on läbi põlenud.

3. Harjad on mustuse tõttu harjahoidjasse kinni jäänud ja ei puuduta kommutaatorit.

Abistamine: 1. Kaitsjad üle kontrollida, läbipõlenud uuen-dada. Harjad kommutaatorilt eemaldada (näit. pannes paberi alla). Käiviti sisse lülitada ja lambiga proovida (440 V juures 2 lampi seerias), kas mootor on täie pinge all. Katkestus kõr-valdada.

2. Käiviti proovilambi, induktori või mõne muu vastava mõõduriistaga üle kontrollida.

3. Harjahoidjad puhastada, et harjad saaksid kergesti liikuda.

*VII tunnus: Mootor pöörleb vales suunas.*

Abistamine: Ankru otsad ümber vahetada, s. o. vool teises suunas ankrusse (mitte üldiselt mootorisse) lasta (vt. p. 26).

*VIII tunnus: Mootor läheb raskesti käima, käiviti läheb kuumaks, korgid põlevad läbi.*

Põhjus: 1. Juhtmed käiviti ja mootori vahel on lühises.

2. Mootori mähiseis on kere- (maa-) ühendus.

3. Ergutusmähises (magnetringis) on katkestus (vt. ka tunnust XV).

4. Harjad on vääral kohal.

5. Lülitus on vale, näit. ühendatud *DB* klemm on viidud käivitisse (joon. 17), käiviti *RL* klemmid on vahetatud jne. Ergutusmähis ei saa käivitamisel täit pinget.

Abistamine: 1. Juhtmed eraldada, isolatsiooni mõõta — juhtmete endi ja maa vahel.

2. Juhtmed eraldada, harjad üles tõsta või paber alla asetada, induktori, galvanoskoobi või lambiga proovida, kas magnetmähised, ankur ja harjahoidjad ei ole kerega ühenduses.

3. Ühendusjuhtmed ja käiviti järele vaadata, tarbe korral harjad kommutaatorilt eemaldada, käiviti sisse lülitada ja rauatükiga proovida, kas poolused on magneeditud; viimased peavad rauda, näit. kruvikeerajat, üsna tugevasti külge tõmbama.

4. Harjahoidja asetuskoht on mootoril harilikult märgitud. Kui märk puudub, tuleb harjad asetada sellele kommutaatori lestale, mille külge on ühendatud neutraaljoonel (kahe peapooluse vahel) asetsev mähis. Kui pole võimalik jälgida juhtmete asetust ankrul, siis edasi-tagasi nihutamisega õige koht leida.

5. Lülitus üle kontrollida, vastavalt joon. 17 ja 18. Pisikes- tel ja lisapoolustega mootoreil on harjade asetuskoht harilikult kindel.

*IX tunnus: Mootor läheb suure volutarvituse juures tõuke- liselt käima.*

Põhjus: Kaks ankru sektsiooni (pooli) on omavahel ühen- duses.

Abistamine: Harjad üles tõsta, käiviti sisse lülitada, nii et magnet oleks täielikult ergutatud, ja mootorit käsitsi ringi ajada. Keerdudevahelise ühenduse juures on ankrut kahes kohas raske ringi ajada. Ümbermähkimine vajalik.

*X tunnus: Mootori vool on anormaalset suur. Üksikud an- krussektsioonid kuumenevad ruttu.*

Põhjus: Lühis kahe kommutaatori lesta vahel (s. o. vastav sektsioon on lühises).

Abistamine: Kui välist lühist ei ole, on lestadevaheline iso- latsioon vigane. Remont vajalik.

*XI tunnus: Mootori harjad sädelevad koormusel, kommutaator muutub ümberringi mustaks.*

Põhjus: 1. Ülekoormus.

2. Harjade asetuskoht on vale.

3. Lisapoolused on valesti ühendatud.

4. Isolatsioon ulatub üle lestade.

5. Harjad on mittevastavast materjalist.

6. Kommutaator on lopergune.

7. Laagrid on kulunud või kuulid katki.

8. Ühes või paaris ergutusmähises on keerdudevaheline ühendus.

9. Üksikud harjahoidjad on lahtised, nii et + ja — harjade kaugused üksteisest pole võrdsed.

10. Mootor kannatab põrutuste all.

11. Harja vedru on nõrk.

Abistamine: 1. Ampermeetriga voolu mõõta, koormust vähendada või suurem mootor üles seada.

2. Talitada nagu tunnus VII—4.

3. Lisapooluste lülitus kompassiga üle kontrollida (lülitus peab vastama joon. 16) ja tarbe korral ümber lülitada.

4. Väljaulatuvat isolatsiooni tunneb näpuotstega kompamise teel. Tarbe korral see karborundpaberiga maha nühkida ja vaheda teraga (näit. saehamba ja terasjoonlaua abil) lestade vahelt 0,3 kuni 0,5 mm sügavuselt välja kaapida.

5. Harjad ei ole vastavast materjalist — on liiga kõvad või pehmed. Kohased harjad mootoriehitajalt välja tellida.

6. Kommutaator üle treida (vt. p. 18).

7. Laagreid kontrollida. Juhul, kui võll loksub, tuleb uuendada pukslaagreil laagrikausid, kuullaagreil aga viimane ise.

8. Vool magnetesse sisse lülitada. Mõõta pinget (s. o. pinge langemist üksikuis poolides). Vahe ei tohi tõusta üle 10%. Vigane pool (väga väikese pingega) uuendada.

9. Vahed üle kontrollida ja õigele kohale asetada.

10. Proovida, kas kõik ankrupoldid on kinni tõmmatud, kas

mootor ilma rihmata rahulikult veab, silmas pidades ka rihma jätkamiskohta.

#### 11. Vedru parajal määral pingutada.

*XII tunnus: Üksikud harjad sädelevad või kuumenevad, kuna teised seevastu jäävad külmaks.*

Põhjus: Ühel harjapoldil asetsevad mitut sorti söed.

Abistamine: Harju kontrollida, mitmesugused sordid ühesuguseiks ümber vahetada.

*XIII tunnus: Harjad sädelevad, üksikud lestad põlevad mustaks või auklikuks.*

Põhjus: 1. Halb kontakt mähise ja kommutaatori lestade vahel, jootmiskoht on lahti põrunud, lipud logisevad või (kruviühenduste puhul) kruvid on lahti.

2. Katkestus ankrumähises (sädelemine on väga tugev).

Abistamine: 1. Kindlaks määrata, kas mähise otsad kommutaatori lestadel loksuma ei anna (terava rauaotsaga rõhudes), lipud ei logise (kergete löökidega) või kruvid ei ole lahti. Tarbe korral need kinni joota või kruvida.

2. Vaadata, kas ankru juhtmed ei ole kommutaatori lipu küljest lahti põrunud või katki. Eitaval juhul on katkestus mähise sees. Kontrolliks võib kaks vastavat kommutaatori lesta ühendada, kusjuures sädelemine väheneb. Remont vajalik.

*XIV tunnus: Helkiv ringtuli kommutaatoril.*

Põhjus: Raadiohäirete kõrvaldamiseks asetatud kondensaatoreid ja ankrumähised põhjustavad resonantsnähte.

Abistamine: Kondensaatori suurust tuleb muuta.

*XV tunnus: Haruwoolu mootori tiirud on anormaalsetl kõrged, kommutaator sädeleb.*

Põhjus: 1. Ergutusringis on voolukatkestus, masin jookseb tugeva remanents- (järelejääva) magnetismi mõjul.

2. Magnetipoolused valesti lülitatud.

Abistamine: 1. Nagu tunnuses VIII—3.

2. Magnetipoolused kompassiga või lülitusskeemi abil üle kontrollida.

**M ä r k u s :** Ülaltähendatud nähtus tuleb esile tühijooksul, koormatud mootoril põlevad harilikult kaitsmed läbi (vt. tunnus VIII — 3).

### *C. Keerdvoolu mootorid.*

*XVI tunnus: Mootor ei lähe käima.*

Põhjused: 1. Katkestus ühendusjuhtmeis, näit. kontaktid on lahtised, kaitsmed läbi põlenud või ei ulatu põhja jne.

2. Katkestus staatori sees, mähiseis: mähised on katkised, läbi põlenud, kontaktid lahtised.

**K o n t a k t r ö n g a s - m o o t o r i l ( l i s a k s ) :**

3. Katkestus rootori kahes või kolmes faasis.

4. Katkestus ühendusjuhtmeis rootori ja käiviti vahel või käivitis.

**M ä r k u s :** Kui mootor ei anna sisselülitamisel mingit häält, on tegemist esimese või teise juhtumiga, kusjuures rike on kahes või kolmes faasis; ümiseb mootor, kusjuures ta järeleaitamisel mõnikord vastavas suunas hakkab pöörlema, on tegemist katkestusega ainult ühes juhtmes või mähises — mootor läheb käima ühe faasiga.

**Abistamine:** 1. Proovilambiga (380 V juures kaks lampi seerias) mootori kontaktidel U V W kindlaks teha, kas kõik faasid on pinge all. Kontrollimist teostada kahe faasi, mitte ühe faasi ja maa vahel, kuna vigased faasid läbi mõõtja pingepoolide jne. pinge all võivad olla.

2. Juhtmete otsad klemmlaual eraldada ning kõik faasid induktoriga või proovilambiga üksikult üle kontrollida. Vigased mähised ümber mähkida.

3. Lambiga või voltmeetriga kindlaks teha, kas kõik kolm kontaktrõngast on pinge all (analoogiliselt abistamisele tunnus XIX — 2); puudub pinge — rootor ümber mähkida.

4. Üle kontrollida: kas harjad mootori kontaktrõngastel,

samuti käivitis head kontakti annavad, ja tarbe korral järele pingutada; kas ühendusjuhtmed mootori ja käiviti vahel ja käiviti spiraalid on terved.

*XVII tunnus: Mootor pöörleb vääras suunas.*

Abistamine: 1. Värskest ülesseatud mootoreil kaks mootorisse minevat juhet klemmlaual ümber vahetada.

2. Töötas mootor varem õiges suunas — tuleb nähtusest elektri jaamale teatada.

Põhjuseks: kas faaside ümbervahetus liini remondi ajal või (erijuhtumeil) on katkestus ühes faasis; kahepooliliselt jõujaa-maga ühendatud võrguosades võivad mootorid teatavail tingimusil pöörlemissuunda muuta, toites ühtlasi generaatorina katkenud faasi.

*XVIII tunnus: Mootori sisselülitamisel põlevad üks või mitu kaitset läbi.*

Põhjus: 1. Juhtmed lülitist mootorini või mootorist käiviti on lühises.

2. Staatori mähised mootori sees on lühises või kereühendusega.

3. Roori mähised või kontaktrõngad on omavahel lühises.

4. Pingelang on liiga suur, mootor ei suuda käivitamiseks vajalikku pöördemomenti arendada, jääb seisma ning võtab liiga suure voolu peale.

5. Staatorikäiviti juures: koormus, ja seetõttu ka pingelang eeltakistuses, on liiga suur (vt. p. 39-c).

Abistamine: 1. Juhtmed mootorist ja käivitist eraldada, paberitükid harjade alla seada ja isolatsiooni kontrollida ning parandada.

2. Juhtmed ja ühendustükid kontaktlaualt eraldada; üksikute faaside isolatsioon üksteise ja kere suhtes üle kontrollida. Vajaduse korral teostada ümbermähkimist.

3. Rihm maha võtta. Harjad kontaktrõngastest eraldada. Staator sisse lülitada. On rootor lühises — läheb ta tühjalt käima.

4. Pinge mõõta. Talitada nagu tunnuses XX—2.

5. Kiiremini käivitada. Kui seejuures tekkiv elektriline või mehaaniline tõuge ei ole soovitatav, kasutada libisevat sidurit.

*XIX tunnus: Koormusega käivitades soojeneb rootorkäiviti anormaalselt ja selle viimasel astmel esineb tugev voolutõuge või kaitsmete läbipõlemine.*

Põhjus: 1. Käiviti ei vasta mootorile, s. o. rootori pinge on erinev või on rootor kolme-, käiviti kahefaasiline.

2. Keskmise kontaktrõngas kahefaasilisel rootoril ei ole ühendatud käiviti keskmise kontaktiga.

3. Käiviti on liiga väike (vt. tunnust III).

Abistamine: 1. Võrrelda mootori sildil märgitud  $U/J$  suhet ja rootori lülitust käivitel märgituga. Viimaste puudumisel rootori lülitus kindlaks määrata järgnevas punktis märgitud viisil ja  $U/J$  suhe vastavate mõõtmistega. Käiviti tarbe korral ümber vahetada.

2. Asetada harjade alla paber. Vool staatorisse lasta. Rootori pinget kontrollida voltmeetriga või proovilambiga. Kolmefaasilisel rootoril on pinge kõigi rõngaste vahel ühesugune, kahefaasilisel rootoril pinge on  $u$  ja  $v$  vahel (harilikult äärmised) kõrgem,  $x/y$  ja  $u$  ning  $x/y$  ja  $v$  vahel madalam. Tarbe korral teostada ümberühendus.

*XX tunnus: Mootor läheb raskesti käima. Koormamisel langevad tiirud tugevasti.*

Põhjus: 1. Mootor on kolmnurk-lülituse asemel tähtlülituses.

2. Pinge on liiga madal.

Kontaktrõngas-mootoril:

3. Katkestus rootori ühes faasimähises.

4. Katkestus ühendusjuhtmeis — rootorist käivitini või käivitis.

Lühisrootoriga mootoril:

5. Rootoris asetsevad vaskvardad on lahti sulanud — (sel puhul leidub mootoril harilikult tinapritsmeid).

6. Ülekoormus.

Abistamine: 1. Mootor ümber lülitada.

2. Pinge mõõta. On pinge liiga madal, siis teha kindlaks, kas pingelang ühendusjuhtmeis ei ole suur (liiga pikad ja peened juhtmed) või kas mootor ei ole ühendatud 3 faasi asemel 2 faasi ja nulljuhtme vahele. Eitaval korral pingelangust elektri-jaamale teatada.

3. Lambiga või voltmeetriga kindlaks teha, kas kõik kolm rootori kontaktrõngast on pinge all (analoogiliselt abistamisele tunnuses XIX—2); kui ühes faasis puudub pinge, tuleb mootor ümber mähkida.

4. Talitada nagu tunnuses XVI—4.

5. Vardaotsad kontakti andmiseks uuesti otsarõngaste külge tinaga kinni joota.

6. Koormust ampermeetriga kontrollida, tarbe korral koormust vähendada või suurem mootor valida.

*XXI tunnus: Mootor võtab tühjalt palju voolu ning staator läheb ka tühikäigul ruttu kuumaks.*

Põhjus: Staator on ühendatud tähtühenduse asemel kolm-nurgas.

Abistamine: Ümber lülitada.

*XXII tunnus: Mootor uriseb käigu ajal tugevasti ja võtab peale suure voolu.*

Põhjus: Staatoris on keerdudevaheline ühendus.

Abistamine: Mähis kompamise teel üle kontrollida (vigane mähis või keerud lähevad ruttu kuumaks). Remonteerida.

*XXIII tunnus: Mootor läheb raskesti käima, põriseb tugevasti, eriti käivitamisel, ja kuumeneb ruttu.*

Põhjus: Laagrid on kulunud, mootor riivab staatorit.

Abistamine: Üle kontrollida, kas mootor omab püst- ja rihmasihis vajalikku ruumi (õhuvahe normaalselt: 0,8 kW-ni 0,25—0,3 mm, 1,1—2,2 kW-ni 0,3 mm, suuremail 0,4—1 mm). Tarbe korral laagrid uuendada.

*XXIV tunnus: Mootori voolutarvitus (ampermeetri osuti) kõigub püsiva koormuse juures tugevasti.*

Põhjus: Logisev kontakt rootori vooluahelas.

Abistamine: Kontrollida, kas mootori ja käiviti harjad annavad head kontakti. Ülestõstetavate harjade juures vaadata, kas rõngad on korralikult lühises. Kõik kontaktkruvid pingule tõmmata.

*XXV tunnus: Täht-kolmnurk-lülituses ei lähe mootor esimese astme peal iga kord käima.*

Põhjus: Lüliti kontaktid on ära põlenud, mootor hakkab mõnikord käima ühe faasiga, tihti ka vääras suunas, muutes teise astme peal silmapilkselt suunda.

Abistamine: Lüliti või kontaktid uuendada.

## Lühendid ja sümbolid\*).

Mõõtühikud ja nende osad		Tähised (terminid)	
Lühend	Nimetus	Sümbol	Nimetus
<i>V</i>	volt	<i>U, u</i>	pinge
<i>mV</i>	millivolt	<i>E</i>	elektromotoorne jõud
$\mu V$	mikrovolt	<i>e</i>	pingelang
<i>kV</i>	kilovolt	<i>p</i>	pingelang (‰)
<i>A</i>	amper	<i>I, i</i>	vool
<i>mA</i>	milliamper	<i>j</i>	voolutihedus ( $A/cm^2$ , $A/mm^2$ )
$\mu A$	mikroamper		
<i>kA</i>	kiloamper		
$A/cm^2$	amprit ruutsentimeetrile		
$A/mm^2$	amprit ruutmillimeetrile		
<i>C</i>	kulon (ampersekund)	<i>Q</i>	elektrihulk
<i>Ah</i>	ampertund (3600 C)		
<i>W</i>	vatt	<i>N</i>	võimsus
<i>mW</i>	millivatt	$\Delta N$	võimsuse kadu
<i>kW</i>	kilovatt	$\cos\varphi$	võimsustegur
<i>VA</i>	voltamper	$\eta$	kasutegur $[(N-\Delta N)/N]$
<i>kVA</i>	kilovoltamper	<i>C</i>	pinnakoormus ( $W/cm^2$ , $W/mm^2$ )
$W/cm^2$	vatti ruutsentimeetrile		
<i>mkg/s</i>	meeterkilogr. sekundis		
<i>HJ</i>	hobujõud (75 <i>mkg/s</i> )		
<i>Wh</i>	vatt-tund	<i>A</i>	töö, energia
<i>kWh</i>	kilovatt-tund	<i>Q</i>	soojushulk
<i>MWh</i>	megavatt-tund	<i>c</i>	erisoojus
<i>J</i>	džaul (vattsekund)		
<i>cal</i>	kalor		
<i>kcal</i>	kilokalor		
<i>mkg</i>	meeterkilogramm		
<i>HJh</i>	hobujõutund		
<i>Wb</i>	veber	$\Phi$	magnetvoog
<i>M</i>	maksvell	<i>B</i>	magnetvoo tihedus
<i>G</i>	gauss	<i>H</i>	magnetvälja tugevus
<i>Oe</i>	örsted	$\mu$	permeaablus, läbitavus
<i>H</i>	henri	<i>L</i>	induktiivsus
<i>mH</i>	millihenri		
$\mu H$	mikrohenri		
<i>cm</i>	sentimeeter (0,001 $\mu H$ )		
<i>V/cm</i>	volti sentimeetrile	$\mathcal{E}$	elektrivälja tugevus
		$\epsilon$	dielektriline konstant

\* ) Tabeli koostanud ins. A. Põdrus.

(Vt. ka lk. 100 ja 101)

Mõõtühikud ja nende osad		Tähised (terminid)	
Lühend	Nimetus	Sümbol	Nimetus
$F$ $\mu F$ $pF$ $cm$	farad mikrofarad pikofarad ( $\mu\mu F$ ) sentimeeter (1,11 $pF$ )	$C$	mahtuvus
$Hz, c$ $kHz, kc$ $MHz, Mc$	herts, tsükkel, <i>per/s, ts/s</i> kiloherts, kilotsükkel, <i>kts/s</i> megaherts, megatsükkel	$f$ $\omega$	sagedus ringsagedus ( $2\pi f$ )
$\Omega$ $k\Omega$ $M\Omega$	oom kilo-oom megoom	$R, r$ $\rho$ $G$ $\lambda$ $X$ $X^L$ $X^C$ $Z$ $\alpha$	juhtme elektril. takistus eritakistus juhtivus ( $1/R$ ) erijuhtivus ( $1/\rho$ ) reaktiivtakist., reaktans induktiivt., induktans mahtuvust., kapatsitans näivtakistus, impedans temperatuuritegur
$C^0$ $K^0$	celsiuskraad Kelvini kraad	$t$ $T$	temperatuur absoluut-temperatuur ( $t+273$ )
$Lm$ $Hm$ $ILm$ $Dm$ $Lx$ $Sb$ $K$ $HK$ $IK$	luumen hefner-luumen internatsionaal-luumen dekaluumen (10 $Lm$ ) luks stilb küünal hefner-küünal internatsionaal-küünal	$\Phi$ $E$ $B$ $J$	valgusvoog pinnavalgustus eredus, pinnahaledus valgustugevus
$m$ $dm$ $cm$ $mm$ $km$ " $m^2$ $dm^2$ $cm^2$ $mm^2$ $l$ $cm^3$ $m^3$	meeter detsimeeter sentimeeter millimeeter kilomeeter toll ruutmeeter ruutdetsimeeter ruutsentimeeter ruutmillimeeter liiter ( $dm^3$ ) kuupsentimeeter kuupmeeter	$l$ $b$ $h$ $a$ $f$ $D, d$ $\emptyset$ $s$ $R, r$ $\lambda$ $F$ $q$ $V$ $\varphi$ $\alpha, \beta, \gamma \dots$	pikkus laius kõrgus kaugus, vahemaa riipe läbimõõt läbimõõt teepikkus, seinapaksus raadius lainepikkus pind, pindala juhtme põikpind ruum, maht faasi nihkenurk nurk

Mõõtühikud ja nende osad		Tähised (terminid)	
Lühend	Nimetus	Sümbol	Nimetus
<i>g</i>	gramm	<i>P</i>	jõud, tung
<i>kg</i>	kilogramm	<i>G</i>	raskus, kaal
<i>t</i>	tonn	<i>p</i>	rõhk
<i>at.</i>	atmosfäär	$\gamma$	erikaal
<i>h</i>	tund	<i>t</i>	aeg
<i>m., min.</i>	minut	<i>T</i>	perioodi väle
<i>s</i>	sekund		
<i>m/s</i>	meetrit sekundis	<i>v</i>	kiirus
<i>km/h</i>	kilomeetrit tunnis	<i>g</i>	vabalangemise kiirendus
<i>m/s<sup>2</sup></i>	meetrit sekundruudus	$\sigma$	mehaaniline pinge
<i>kg/mm<sup>2</sup></i>	kilogrammi ruutmillimeetrile		
<i>kg/cm<sup>2</sup></i>	kilogrammi ruutsentimeetrile		

### Kasutatud kreeka tähtede hääldamine.

Suured tähed	Väikesed tähed	Hääldamine
A	$\alpha$	alfa
B	$\beta$	beeta
$\Gamma$	$\gamma$	gamma
$\Delta$	$\delta$	delta
E	$\epsilon$	epsilon
H	$\eta$	eeta
$\Lambda$	$\lambda$	lambda
M	$\mu$	müü
$\Pi$	$\pi$	pii
P	$\rho$	rho
$\Sigma$	$\sigma$	sigma
$\Phi$	$\varphi$	fii
X	$\chi$	ksi
$\Omega$	$\omega$	omega

### Matemaatilisi märke.

Märk	Tähendus
$\%$	protsent (sajandik)
$\text{‰}$	promill (tuhandik)
...	kuni, jne., piiramata
+	pluss
-	miinus
$\times$	korda
/	jagatud
=	võrdne
$\neq$	mittevõrdne
$\approx$	ligikaudu (ca)
<	väiksem kui
>	suurem kui
$\sqrt{\quad}$	juur
cos	cosinus

### Mõõtühikute kümnendikosade ja kümnekordsete suuruste märgid.

<i>D</i> = deka = $10^1$ = 10	<i>d</i> = deci = $10^{-1}$ = 0,1
<i>h</i> = hekto = $10^2$ = 100	<i>c</i> = centi = $10^{-2}$ = 0,01
<i>k</i> = kilo = $10^3$ = 1000	<i>m</i> = milli = $10^{-3}$ = 0,001
<i>M</i> = mega = $10^6$ = 1 000 000	$\mu$ = mikro = $10^{-6}$ = 0,000 001
<i>G</i> = giga = $10^9$	<i>n</i> = nano = $10^{-9}$
<i>T</i> = tera = $10^{12}$	<i>p</i> = pico = $10^{-12}$

## SISUKORD.

Lk.

### I. Mootoreist üldiselt.

1. Mootori ülesanne. 2. Pöördemoment. 3. Mootori nimivõimsus. 4. Mootorite liigitus. 5. Mootori kere ehitus. 6. Isolatsioon. 7. Nimi- ja käivitusvoolu tugevus. 8. Ülekoormus. 9. Tiirud. 10. Pöörlemise suund. 11. Kasutegur ja võimsusetarvitus. 12. Soojenemine 3

### II. Alalisvoolu mootorid.

- A. Üldandmed. 13. Tööviis. 14. Mootori ehitus üldiselt. 15. Ergutusmähiste lülitus. 16. Ankur. 17. Ankrumähised. 18. Kommutaator. 19. Harjad. 20. Vastu-elektromotoorne jõud. 21. Käivitamine. 22. Lisapoolused. 23. Pöörlemise suund. 24. Kasutegur. B. Haruvoolu mootor. 25. Lülitus. 26. Tiirud. 27. Tiirude reguleerimine. 28. Kasutamine. 29. Mootor generaatorina. C. Peavoolu mootor. 30. Lülitus ja omadused. 31. Kasutamine. D. Kompound-mootor. 32. Lülitus ja omadused ..... 12

### III. Vahelduvvoolu mootorid.

- A. Asünkroon-mootorid. 33. Ehitus- ja tööviis. 34. Staatori ehitus. 35. Staatori pingeline ja vool. 36. Rootori ehitus. 37. Rootori pingeline ja vool. 38. Libisemine. 39. Lühismootorite käivitamine. 40. Kontaktrõngas-mootorite käivitamine. 41. Tiirud. 42. Tiirude reguleerimine. 43. Pöörlemise suund. 44. Võimsustegur ( $\cos \varphi$ ) ja kasutegur. 45. Keerdvoolu asünkroon-mootorite kasutamine. 46. Mootori suuruse valik. 47. Ühefaasilised asünkroon-mootorid. 48. Asünkroon-generaator. B. Sünkroon-mootorid. 49. Ehitus- ja tööviis. 50. Käivitamine. 51. Tiirud. 52. Võimsustegur. 53. Kasutamine. C. Kommutaator-mootorid. 54. Ehitus- ja tööviis. 55. Ühefaasiline seeries- ehk peavoolu mootor. 56. Repulsiioon-mootor. 57. Ühefaasiline šunt- ehk haruvoolu mootor. 58. Kolmeefaasiline seeries- ehk peavoolu mootor. 59. Kolmeefaasiline šunt- ehk haruvoolu mootor. 60. Kompenseeritud asünkroon-mootor. 61. Asünkroon-mootor keerdvoolu ergutusmasinaga ..... 27

### IV. Mootori ülesseadmine.

- Elektriline osa. 62. Ühendusjuhtmed. 63. Lülitusaparatuurid. 64. Mootori kaitselülitid. 65. Mootori tellimine. 66. Mootori silt ..... 46

## V. Käivitid.

67. Käiviteist üldiselt. 68. Metallkäiviti õhkjahutusega. 69. Metallkäiviti õlijahutusega. 70. Metallkäiviti liivjahutusega. 71. Valtskäiviti (kontroller). 72. Grafiitkäiviti. 73. Elektrolüüt-käiviti. 74. Käivite lülitus. 75. Käiviti suuruse valik. 76. Talitus- (käsitlus-) viisid. 77. Abimehhanismid. 78. Käiviti tellimine. 79. Käiviti silt ..... 52

## VI. Jõu ülekanne.

80. Ülekande viisid. 81. Rihma materjal. 82. Rihma jätkamine. 83. Rihma asetus. 84. Vähe- ja rihmaseibi läbimõõt. 85. Suurema rihmaseibi läbimõõt. 86. Rihmaseibi ehitus. 87. Lubatud maksimaalne rihmaseibi suuruste suhe. 88. Rihmaseibide kaugus üksteisest. 89. Rihma laius. 90. Rihma pikkus. 91. Rihma pingutus. 92. Rihma hooldamine. 93. Pingutusrull. 94. Transmissioonvõll. 95. Rühm- ja üksikveo võrdlus. 96. Sidur. 97. Painduv võll. 98. Tegurattad. 99. Hammasrattad ja kettülekanne. 100. Hõõrumisrattad. 101. Teraslint. 102. Nöör, köis ja tross. 103. Kiilrihmad ..... 60

## VII. Mootori ülesseadmine.

Mehaaniline osa. 104. Mootorite transport. 105. Horisontaalne transport. 106. Viltune transport. 107. Mootori tõstmine. 108. Mootori kinnitamine alusele. 109. Vundament. 110. Kivivundament. 111. Betoovundament. 112. Ajutised vundamendid. 113. Masina kinnivalamine. 114. Konsoolid. 115. Lagi mootori kandjana. 116. Flantsmootorid. 117. Mootorite väljaõiendamine rihmveo puhul. 118. Siduri väljaõiendamine. 119. Rihmaseibi montaaž. 120. Laagrid. 121. Pukslaager. 123. Kuullaagrid. 123. Kuullaagrite puhastamine. 124. Kuullaagrite montaaž. 125. Mootori pidurdamine. 126. Abinõud mootori müra vastu.... 74

## VIII. Mootori rikked.

127. Rikete põhjused. A. Üldised rikked. B. Alalisvoolu mootorid. C. Keerdvoolu mootorid ..... 88

# TEHNILISE KIRJASTUSE

raamatutest on varem ilmunud:

<b>Elektromontaaž I. Elektriteooria.</b>				
Ins. V. Sephans .....	80 lk.	40 joon.		Trükk otsas.
<b>Elektromontaaž II. Mõõtmistehnika.</b>				
Ins. V. Sephans .....	72 „	51 „		„ „
<b>Elektromontaaž III. Jõujaamad ja vooluallikad.</b>				
Ins. V. Sephans ...	104 „	36 „		„ „
<b>Elektromontaaž V. Elektervalgustus.</b>				
Ins. V. Sephans .....	63 „	25 „		Hind Rmk. 1.50.
<b>Elektromontaaž VI. Elektrimootorid.</b>				
Ins. V. Sephans .....	103 „	51 „		
<b>Maalri käsiraamat I. Maalri materjalid.</b>				
Ins. A. Krik .....	201 „	9 „		Trükk otsas.
<b>Maalri käsiraamat II. Maalritööd.</b>				
Ins. A. Krik .....	264 „	47 „		„ „
<b>Trelali ja freesija käsiraamat.</b>				
Ins. E. Olving .....	152 „	136 „		„ „
<b>Lukksepa käsiraamat.</b>				
Tehn. A. Kaskneem .....	152 „	185 „		„ „
<b>Terase karastamine.</b>				
Ins. E. Olving .....	100 „	49 „		„ „
<b>[REDACTED]</b>				
<b>[REDACTED]</b>				
<b>Naha tehnoloogia.</b>				
Mag. chem. V. Kangro .....	74 „	25 „		„ „
<b>Hoonete ehituskonstruksioone.</b>				
Arh. K. Bölau .....	210 „	231 „		„ „
<b>Pottsepa käsiraamat.</b>				
Ins. M. Luht ja A. Veski .....	229 „	164 „		„ „
<b>Metallide freesimine ja hõöveldamine.</b>				
Ins. E. Olving .....	110 „	104 „		Hind Rmk. 2.30.
<b>Metallitreimine.</b>				
Ins. E. Olving .....	140 „	131 „		



A-119