



# Proračun stroja.

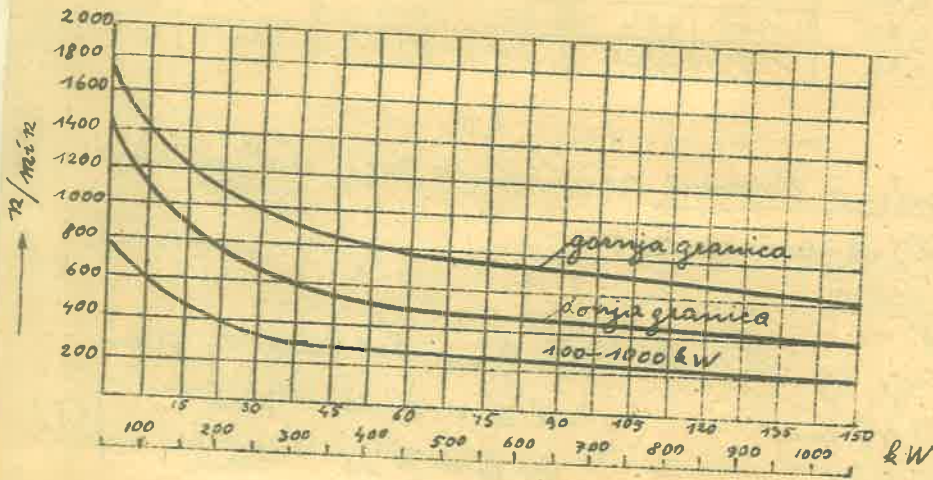
## A. Generatori.

### 1) Glavne mjere.

Zadano je: djelovanje  $N$  u kW (kilovatima)  
 napetost strujke  $U$  Volta  
 broj okretaja  $n$  /min

Osim toga poznat je spoj magneta i armature / poređni, serijski ili kombinirani spoj /. Ako broj okretaja ( $n$ ) nije zadani

može ga se odabrati iz slike (1), koja vrijedi za određene strojeve. Gornja krivulja daje približno gornju, a srednja donju granicu za



S1.1

strojeve do 100 kW.

Iz traženog korisnog djelovanja:  $N = U \cdot I$ , te odabranog električnog stepena djelovanja  $\eta$ , izračuna se efekt, koji mora proizvesti armatura.

$$N_i = E_a I_a = \frac{N}{\eta} \quad (1)$$

Gubici topline staju je su onda

$$N_i - N = (1 - \eta) N_i \quad (2)$$

za EMS vrijedi jednačina

$$E_a = U + I_a R_a + 2 \Delta U \quad (3)$$

Dalje vrijedi:

$$\left. \begin{aligned} N_e &= U \cdot I_m; & I_m &= \frac{N_e}{U} = I_a - I; & R_m &= \frac{U}{I_m} \\ I_a &= I + I_m; & I_a^2 R_a &= N_a; & R_a &= \frac{N_a}{I_a^2} \end{aligned} \right\} (4)$$

( $N_e$ ) su gubici u željezu / vidi  $\bar{v}-1$ ; ( $N_a$ ) su gubici u



bakru (vidi V-2.); ( $\Delta U$ ) je pad napona uslijed prelaznog otpora kefice-lamela kolektora. Za ( $\Delta U$ ) souzima kod veoma male ugljene kefice  $\Delta U = 0,4 \div 0,6$  V  
 srednje tvrde  $\Delta U = 0,9 \div 1,1$  V  
 vrlo tvrde  $\Delta U = 1,2 \div 1,5$  V } (5)

Približne vrijednosti elektučnog stepena ( $\eta$ ) za različite veličine dinamostrojera dane su u tabeli I

Tabela I.

kW	$\eta$	kW	$\eta$	kW	$\eta$	kW	$\eta$	kW	$\eta$
1	0,865	3,2	0,910	8,2	0,925	24	0,9375	46	0,95
1,6	0,89	5	0,915	10,6	0,93	28	0,94	100	0,955
2,4	0,905	6,5	0,92	14	0,935	36	0,945	200	0,96

Odabere li se obodna brzina armature ( $v$ ), dolije se pismo armature ( $D$ ) iz jednačbe

$$D = \frac{6000v}{\pi \cdot n} \text{ cm} \quad (6)$$

gdje je uvršteno ( $v$ ) u m/sek. Poželjne brzine ( $v$ ) jesu:

$$\left. \begin{array}{l} \text{za } 10 \leq D \leq 45 \text{ cm} \quad 12 \leq v \leq 15 \text{ m/sek} \\ 45 \leq D \leq 300 \text{ cm} \quad 15 \leq v \leq 25 \text{ m/sek} \end{array} \right\} (7)$$

$v \leq 35$  m/sek za direktno spojene velike strojeve

$v \leq 100$  m/sek za turbogeneratore.

Što je veći broj polova, to je manja težina bakra na armaturi i namagnetima, te težina željeza - a ra je, duo te isto djelovanje. Za strojeve srednjeg broja okre., toja odabere se

$$\left. \begin{array}{l} 4 \text{ pola ra } D \leq 40 \div 45 \text{ cm, ili } \frac{N_i}{n} \leq 100 \div 150 \\ 6 \text{ polova ra } D \leq 70 \div 75 \text{ cm, ili } \frac{N_i}{n} \leq 500 \div 600 \\ 8 \text{ polova ra } D \leq 120 \div 130 \text{ cm, ili } \frac{N_i}{n} \leq 2100 \div 2700 \\ 10 \text{ polova i više ra } D \leq 120 \div 130 \text{ cm} \end{array} \right\} (8)$$

Razmak polova ( $\tau_p$ ) neka ne bude manji od 25 cm, a niži veći od 50 cm. Za male strojeve dolazi ra ( $\tau_p$ ) i manja jednost u obris.

Dvopolni konstrukciji upotrijebi se samo ra veoma mala lena djelovanja te ra turbogeneratore. Obrisi na jedno, stvarnost izvedbe namotaja izvadaju share sve trike veći



i malene strojeve djelovanja od  $2 \div 5$  KS kao četverpolne strojeve.

Brojner ( $D$ ) računa se na slijedeći način:

$\eta = \frac{N}{E_a \cdot I_a}$ ,  $N = \eta \cdot E_a \cdot I_a$ ; po jednadžbi (II-20) je  $E_a = \frac{z}{a} \cdot \frac{p}{60} \cdot \phi$ .  
oznaci li sa: ( $Q_L$ ) presjek raspora, ( $L_L$ ) indukciju u rasporu,

onda je  $\phi = L_L \cdot Q_L$

$$N = \eta \cdot I_a \cdot \frac{m \cdot z}{60 \cdot 10^8} \cdot \frac{p}{a} \cdot Q_L \cdot L_L$$

$\alpha_i = \frac{b_i}{L_p} = \frac{b_i}{\pi D}$ ;  $b_i = \alpha_i \cdot \frac{\pi D}{2p}$ ;  $Q_L = L \cdot b_i = L \cdot \alpha_i \cdot \frac{\pi D}{2p}$  — ako je dužina  
na stopa  $\frac{L}{2p}$  jednaka dužini amplitude ( $L$ ). Onda dolije,

$$\text{mo: } N = \eta \cdot I_a \cdot \frac{m \cdot z}{60 \cdot 10^8} \cdot \frac{p}{a} \cdot L_L \cdot L \cdot \alpha_i \cdot \frac{\pi D}{2p}$$

ako razlomak proširimo sa ( $\pi D$ ) onda slijedi

$$N = \eta \cdot \frac{m \cdot L_L \cdot \alpha_i \cdot L \cdot \pi^2 \cdot D^2}{60 \cdot 10^8} \cdot \frac{z \cdot I_a}{2a \cdot \pi \cdot D}$$

$\frac{I_a}{2a} = i_a$ ;  $\frac{z \cdot I_a}{\pi \cdot D} = AS$ ; prema tome:

$$N = \eta \cdot \frac{m \cdot L_L \cdot L \cdot \alpha_i \cdot \pi^2 \cdot D^2}{60 \cdot 10^8} \cdot AS$$

Riješimo ovu jednadžbu po ( $D^2 \cdot L$ ) dolijemo:

$$D^2 \cdot L = \frac{N}{m} \cdot \frac{60 \cdot 10^8}{\eta \cdot L_L \cdot AS \cdot \alpha_i \cdot \pi^2} \quad (9)$$

Metnimo dalje:  $\frac{N}{\eta} = k \text{ VA} \cdot 10^3$  /: djelovanje u  
kilo-volt-ampereima /;  $\pi^2 \approx 10$ , onda dolijemo

$$\frac{D^2 \cdot L \cdot m}{k \text{ VA}} = \frac{6 \cdot 10^{11}}{\alpha_i \cdot AS \cdot L_L} \quad (10)$$

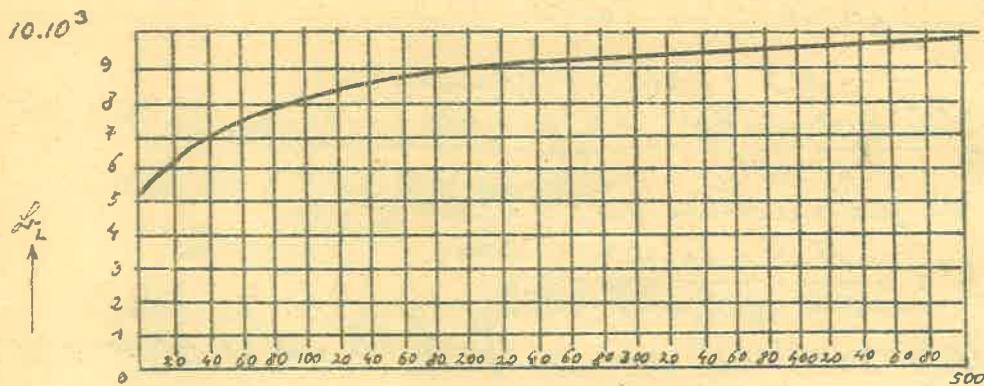
Ovo je kvocijent „konstanta stroja“. Dok je nepromijenjena  
( $AS$ ) i ( $L_L$ ) onda je desna strana konstantna veličina.  
( $L_L$ ) i ( $AS$ ) su mjere za magnetski električno opterećenje,  
ili: oni su mjera iskorisćenja stroja. Konstanta stroja  
je prema tome za stroj karakteristična veličina.

$\alpha_i = \frac{b_i}{L_p}$ ; vrijednost za ( $\alpha_i$ ) kreće se za dvopolne  
strojeve u granicama od 0,6 do 0,7, a za višepolne  
strojeve od 0,65 do 0,75. Za strojeve bez pomoćnik po-  
lova je ( $\alpha_i$ ) veće; za strojeve sa pomoćnim polovima je  
( $\alpha_i$ ) manje. Prednost velikog ( $\alpha_i$ ) je u tome, što se kod  
radane gustoće ( $L_L$ ) postigne veliki tok ( $\phi$ ), ali kod toga  
postanu udovi komutacije neugodniji. Kod strojeva  
bez pomoćnik polova je polje tim strmije što je veće ( $\alpha_i$ ).  
Za strojeva sa pomoćnim polovima neomije ( $\alpha_i$ ) biti

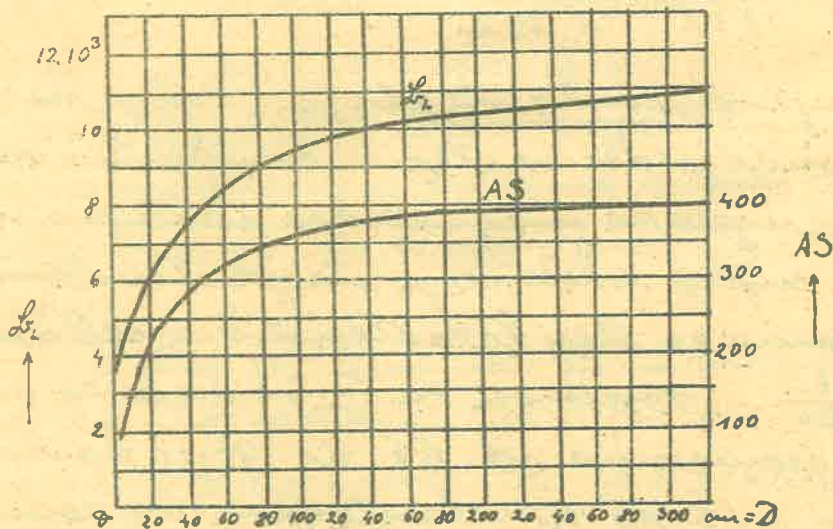


preveliko jer li se rasipanje odviše povećalo. Općenito vrijedi: što je razmak ( $\tau_p$ ) veći to se može odabrati veće ( $d_i$ )

Za indukciju ( $L_i$ ) vrijedi: za male strojeve  $5 \div 7000$ , za velike strojeve  $7 \div 11000$ . Kod strojeva sa velikim brojem perijoda  $\omega = \frac{p \cdot n}{60} > 25 \div 30$ , kao što je to slučaj kod turbogeneratora, odabere se za ( $L_i$ ) mnogo manje vrijednosti. Za strojeve bez pomoćnih polova može se ( $L_i$ ) odabrati po slici (2); za strojeve sa pomoćnim polovima po slici (4). Ali ovdje treba napomenuti da se može upotrebiti i druge vrijednosti, a ne samo one što ih daju ove slike.



S1.2

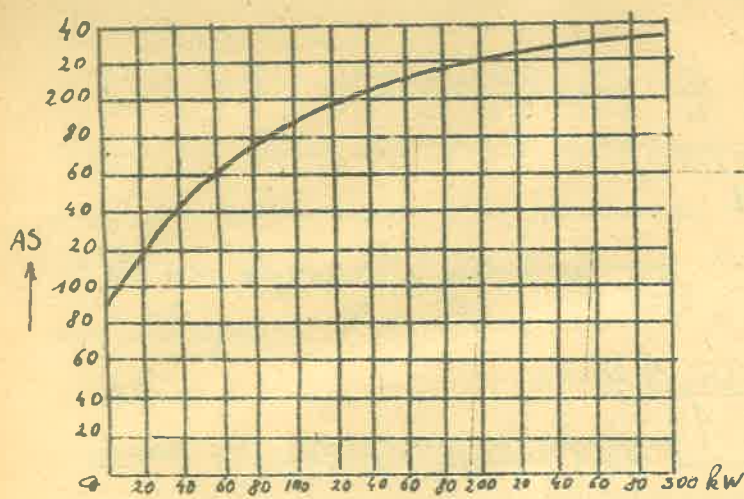


S1.4

Linearno opterećenje (AS) odabere se za strojeve bez pomoćnih polova po slici (3), a za strojeve sa pomoćnim polovima po slici (4). Općenito vrijedi: (AS) upliše više na stepen djelovanja: za male (AS) je stepen kod punog tereta veći nego za velike (AS); ali kod tereta koji



je manji od punog normalnog je stepen djelovanja opet bitno veći pa veliko (AS), a malen pa maleni (AS). Prema tome će se kod strojeva koji rade konstantno sa punim teretom odabrati manji (AS), a kod strojeva koji rade sa teretom ( $\frac{1}{2} \div 1$ ) punog tereta - veći (AS). Kod strojeva sa pomoćnim polovima čini gornju granicu (AS) samo do



Sl. 3.

zvoljeno ugrijavanje. Ovdje će se dakle odabrati (AS) postupenu djelovanja i pougrijavanju. Za dobro ventilirane armature vrijedi:

$$\frac{AS \cdot \sigma_a}{1 + 0.1 \cdot v} < 500 \div 600 \quad (11)$$

!  $\sigma_a$  = gustoća struje u armaturi !; uz to ugrijavanje ne postane preveliko. Ako stroj nema pomoćnih polova, onda vrijedi: za malene strojeve  $AS = 150 \div 250$  A/cm, za veće strojeve kod pravilno odobranik mjera i razmjera može se sa opterećenjem (AS) ići do  $\sim 300$  A/cm.

Jednaka (10) može se odrediti donju granicu promjera (D) obratom na povoljnu komutaciju.

Uvedimo konstantu armature !: vidi IV-jedn. 39!

(A) u račun:

$$A = \frac{P}{a} \cdot \frac{z}{k} \cdot \tau \cdot v \cdot AS \cdot 10^{-6} \quad (12)$$

Iz jednadžbe (10) slijedi:

$$D \cdot l \cdot n \cdot AS = \frac{6 \cdot 10^{11} \text{ kVA}}{d_i \cdot l_2 \cdot D}, \text{ odnosno - jer je } v = \frac{\pi D n}{6000} \cdot \frac{z}{2k}$$

= broj ravoja pro lamelu -

$$A = \frac{P}{a} \cdot \frac{z}{k} \cdot \tau \cdot v \cdot AS \cdot 10^{-6} = 2w \cdot \frac{P}{a} \cdot \frac{100 \tau \cdot \text{kVA}}{d_i \cdot l_2 \cdot D} \quad (13)$$

Ako konstanta armature A nemije prekoračiti određenom vrijednost, onda nemije promjer D kod zadane indukcije  $l_2$  podhračiti određenom granici

$$t.j. \quad D \geq 2w \cdot \frac{P}{a} \cdot \frac{100 \tau \cdot \text{kVA}}{d_i \cdot l_2 \cdot A_{max}} \quad (14)$$



Uvedimo u račun na slični način maksimalni napon lamela za neopterećeni kret 1: vidi: II, jedn.: 45, 46, 46 a: /

$$E_{d_k \text{ maks}} = \frac{2pE}{\alpha_i \cdot K} = \frac{p}{\alpha} \cdot \frac{z}{K} \cdot z \cdot v \cdot L_2 \cdot 10^{-6} \quad (15)$$

onda slijedi iz jednačine (10):

$$D. z. n. L_2 = \frac{6 \cdot 10^4 \text{ kVA}}{\alpha_i \cdot AS \cdot D}$$

odnosno - jer je  $v = \frac{\pi D n}{6000}$  i  $\frac{z}{2K} = W =$  broju zavoja na lameli -

$$E_{d_k \text{ max}} = 2W \cdot \frac{p \cdot 100 \cdot \pi \cdot \text{kVA}}{\alpha \cdot \alpha_i \cdot AS \cdot D} \quad (16)$$

ako nesmiye napon lamela kod neopterećenog kreta prekoračiti određenom vrijednost, nesmiye promjer  $D$  kod radanog tereta  $AS$  prekoračiti određenom granicu t.j.

$$D \geq 2W \cdot \frac{p}{\alpha} \cdot \frac{100 \cdot \pi \cdot \text{kVA}}{\alpha_i \cdot AS \cdot E_{d_k \text{ max}}} \quad (17)$$

Dividiramo li konstantu armature sa maksimalnim naponom lamela kod neopterećenog kreta slijedi:

$$A = \frac{AS}{L_2} \cdot E_{d_k \text{ max}} \quad (18)$$

Za moderne velike strojeve sa pomoćnim polovima, kod kojih nesmiye nastati vatra preko kolektora u slučaju da dođe do kratkog spoja u mreži, irvaša-poiskustou -  $E_{d_k \text{ max}}$  za neopterećeni kret 20 V, a za opterećeni 28 V. Kod toga može biti  $AS = 325$ ,  $L_2 = 10000$ . Onda vrijedi:

$$A = \frac{325 \cdot 18}{10000} = 0,6 \quad (19)$$

Ova se vrijednost nesmiye prekoračiti. Ista granica vrijedi također za strojeve bez pomoćnih polova.

Otkonije potrebno da bude ispunjen prije navedeni uvjet radi vatre na kolektoru, onda se može ići sa naponom lamela 1: neopterećeni kret: / do 25 V, a sa  $AS$  do 400. Onda je gornja, najviša granica

$$A = \frac{400 \cdot 25}{10000} = 1 \quad (20)$$

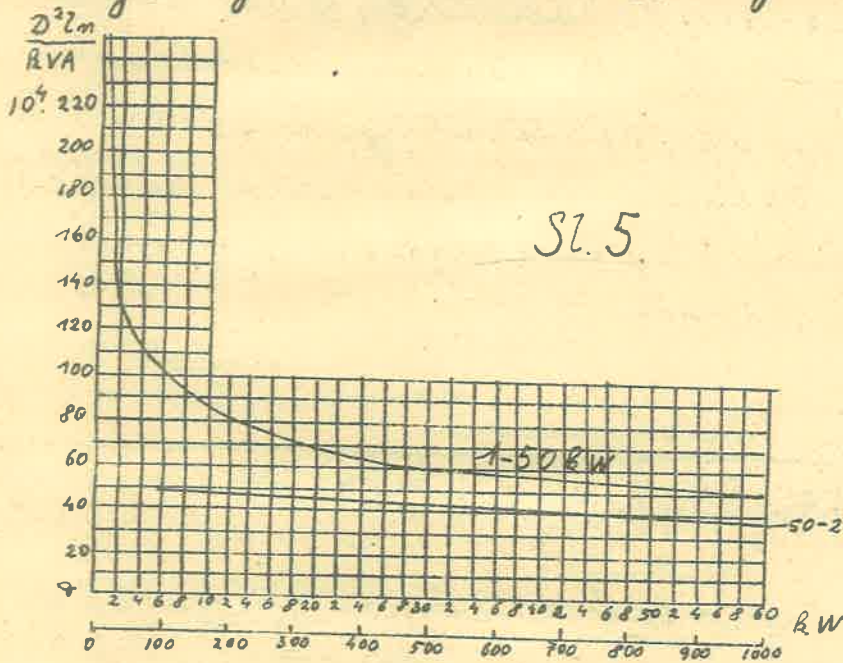
Početak se proračuna dakle počne s jednačinom (10).  $\text{kVA} = \frac{E_a \cdot I_a}{1000}$  može se izračunati tek po dovršenom proračunu. Ali za prvi račun možemo me,



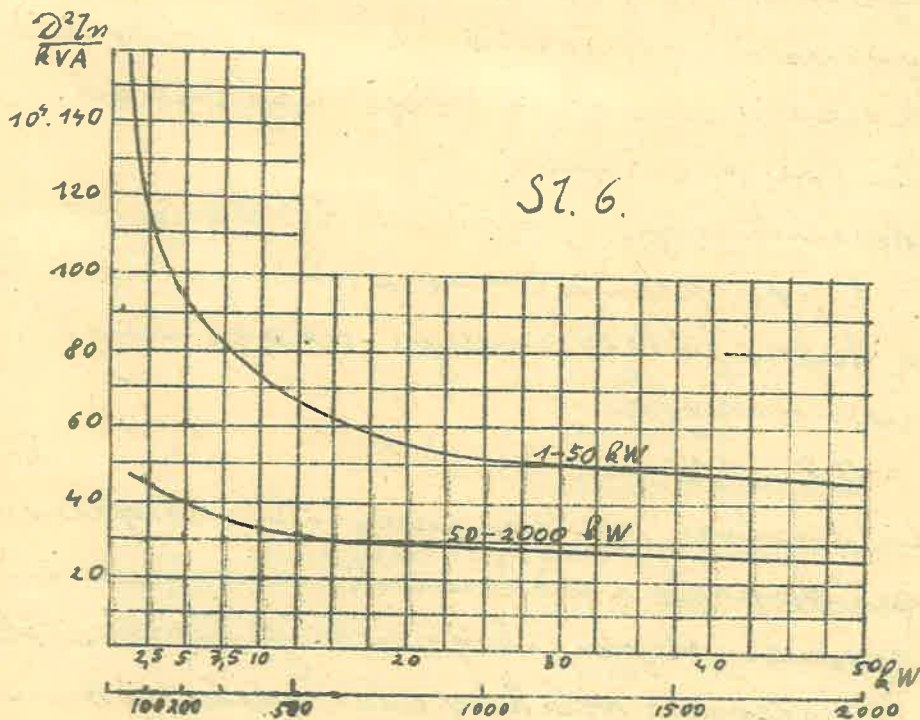
trnuti:  $kVA = \frac{P \cdot I}{1000}$ , akomamu znači P najveći napon, a I najveću struju koju mora dobiti taj stroj.

Ako se je odabralo  $d_n, L_n, AS$  po pravilima, koja su bila do sada spomenuta, ili pak po dobrim već izvedenim strojevima, onda se odredi produkt  $D^2 L$ . Slika (5) prikazuje konstantu stroja  $\frac{D^2 L n}{kVA}$  za strojeve bez pomoćnih polova, a slika (6) za strojeve sa pomoćnim polovima. Konstanta je izračunana iz različitih dobrih izvedenih konstrukcija.

Krivulje vrijede za otvorene strojeve, te za umjerene



Sl. 5.



Sl. 6.

breine. Konstanta stroja ne smije biti premalena; tada će konstrukcija biti dobra. Osim toga ne će biti jeftiniji kratki stroj sa malenom konstantom od stroja veće duljine, ali sa većom konstantom. Za strojeve velike obodne brzine (turbo-generatore) bit će konstanta radi te, što prilika



komutacije bitno veća nego li to prikazuje slika (6).  
 Moderni turbogeneratori od 500 ÷ 2000 kW imaju  
 konstantu stroja, koja leži u granicama od  $45 \cdot 10^4$   
 do  $30 \cdot 10^4$ , ovisno o opterećenju.

Nakon što se odabralo  $D^2 L$  treba ga sada  
 pravilno podijeliti u  $D$  i  $L$ . Ako je /maks.,  
 malno dozvoljena / obodna brzina zadana, do,  
 bijemo iz jednadžbe (6) promjer  $D$ , te dužinu  $L$   
 iz jednadžbe  $L = \frac{(D^2 L)}{D^2}$  (21)

Broj polova odabere se sada tako da se dolije  
 odgovarajući razmak  $\tau_p$  /: vidi prije navedeno;  
 jedn. 8 :/. U slučaju, da konstrukcija nije vezana  
 uz zadani obodnu brzinu  $v$ , odabere se različite  
 vrijednosti za dužinu  $L$ , te se računa pojedine  
 veličine po shemi tabele 2.

Tabela 2.

Odabrano	Izračunano							
$L$ ili $D$	$D = \sqrt{\frac{(D^2 L)}{L}}$	$\tau_p = \frac{\pi D}{2p}$	$b_i = a_i \cdot \tau_p$	$\frac{L}{b_i}$	$v = \frac{\pi D n}{60}$	$2p$	$a$	$i_a = \frac{I_a}{2a}$

Kod toga se broj polova odabere tako, da dolije  $\tau_p$  od,  
 govora jući vrijednost, odnosno da razmjer  $\frac{L}{b_i}$   
 ostane po mogućnosti nepromjenjen. Iz dobivenih  
 se rezultata konačno uzme one, koji najbolje odgo,  
 varaju navedenim pravilima.

Za dobru komutaciju i valjano hlađenje je ugo,  
 dniji maleni  $L$ , po pravu tome i maleni razmjer  
 $\frac{L}{b_i}$ . Ali težina bakra će biti manja ako se uzme  $\frac{L}{b_i}$   
 veliko. Normalno vrijedi:

$$\frac{L}{b_i} = 0,8 \div 1,3 \quad (22)$$

$\frac{L}{b_i} = 1,5$  imaju motori za tramway i turbogenera,  
 tori, koji mogu dopreće i prekoračiti ovu vrijednost.  
 $\frac{L}{b_i} = 0,6 \div 0,8$  imaju strojevi koji moraju snati visku  
 temperaturu, te strojevi velikog promjera sa sama,  
 snjakom.



Kod strojeva bez pomoćnik polova neka dužina  $l$  ne prelazi 40 cm:  $l \leq 40 \text{ cm}$  (23)

Konačno se još može ispitati da li daje irracionalna dužina  $l$  sa konstantu armature  $A$  (jedn. 12:), te maksimalni napon lamela sa neopterećeni kret.  $E_{d \times \max}$  (jedn. 15:), upotrebljive vrij. duosti.

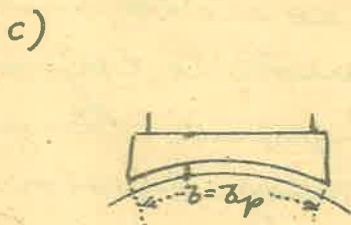
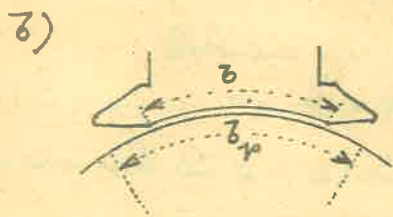
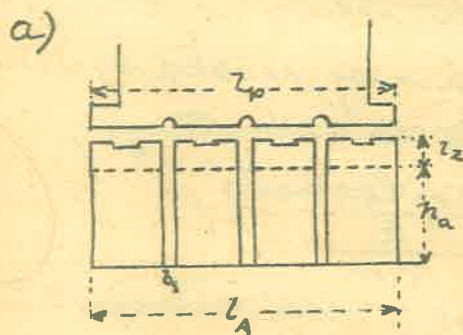
Za hladenje dolije armatura raspore širine  $b_s = 10 \div 12 \text{ cm}$  (24)

Totalna dužina armature je onda - ako je  $n_s$  broj ovih raspore -

$$l_A = l + n_s \cdot b_s \quad (25)$$

Zarez u armaturi sa povoj (bandaži) iz žice računa se odobranjem srednjeg raspore.

Dužina pojedinih smotaka lina ne smije biti prevelika, ne smije prelaziti 6 cm; obično se uzme  $5 \div 6 \text{ cm}$  tako, da pojedini raspore sa hladenjem, jede u udaljenosti od  $5 \div 6 \text{ cm}$ .



Da se odredi luk  $b$  t.j. dio polnog luka  $b_p$  sa konstantnim raspore  $\delta$  - slika 7, a ÷ c -, odabere se oblik stopala, vrti polje i izračuna vodljivost (III-4a, 4c:)

Jer se radi idealni polni luk  $b_i$ , izračuna se pomoću jednadžbe (III-21) luk, t.j.

$$b = b_i - 2 \cdot \delta \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \sum \frac{b_x}{\delta_x} \quad (26)$$

- ako su siljci polova malo rasiceeni i ako je stopalo simetrično.  $\sum \frac{b_x}{\delta_x}$  računa se u tom slučaju samo sa jedan polni siljak ("čipku").



U slučaju da je stopalo nesimetrično, vrijedi:

$$b = b_i - \int K_1 K_2 \sum \frac{b_x}{\sigma_x} ; \quad (27)$$

ali ovdje treba računati  $\sum \frac{b_x}{\sigma_x}$  za oba dijela pola.

! Nesimetrično stopalo na pr kod stroja bez pomoćnih polova. Okrajak pola, šiljak, načini na ulaznoj strani nakrenu, i to toliko, da romu komutacije leži izvan radijusa dijela šiljka pola !.

Za stopala slike 7, a) je:  $b_i < b_p$ ; za oblik stopala slike 7, b) je:  $b_i > b_p$ .

## 2. Armatura i komutator.

Projekcija armature odvedena je jednačinom:

$$z = \frac{\pi \cdot D \cdot A \cdot S}{z_a} = \frac{2\pi \cdot D \cdot A \cdot S \cdot a}{I_a} \quad (28)$$

Za porednu je strojeve

$$z_a = \frac{I + i_m}{2a} = \frac{I_a}{2a} \quad (29)$$

Najprije se mora odabrati struja za uzbudjenje u porednom sklopu. Tačnost ovdje nije od važnosti.

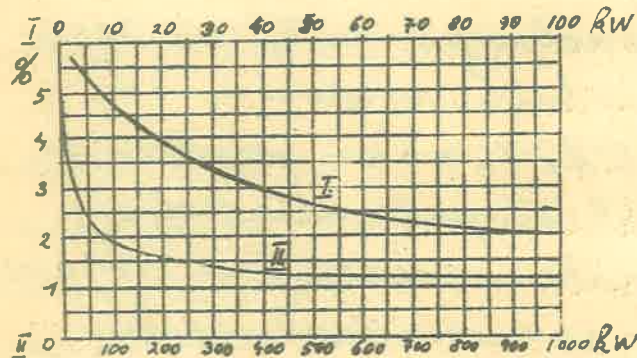
Iz slike (8), koja pokazuje porednu struju u razmjeru k totalnoj, može se uvidjeti struja za uzbudjenje.

Projekcija lamela je:

$$K = \frac{z}{2 \cdot w} \quad (30)$$

gdje je  $w$  broj zavoja. Za namotaj sa stopovima je  $w = 1$ , dakle

$$K = \frac{z}{2} \quad (31)$$



S1.8.

Projekcija paralelnih grana mora se tako odabrati, da se dolije upotrebljive vrijednosti za  $K$  i  $z$

Namotaj se odabere tako, da se što bolje iskoristi prostor utora. Taj se uslov može to bolje ispuniti, što je manji broj paralelnih grana. Stoga se mora najprije pogledati da li je moguć valoviti namotaj. Kod običnog broja okretaja to je skoro



uvijek moguće ra:

$$\left. \begin{array}{l} 500 \text{ V napona do } \sim 250 \text{ kW} \\ 220 \text{ V } \quad \quad \quad \quad \quad \quad \sim 90 \text{ kW} \\ 110 \text{ V } \quad \quad \quad \quad \quad \quad \sim 25 \text{ kW} \end{array} \right\} (32)$$

ako se ne može upotrijebiti valoviti namotaj, onda dođe u obzir petljasti; nakon njega višestruki valoviti; te konačno višestruki petljasti  $\therefore m=2, m>2$  izbjegavati radi nesimetrije — vidi: II-8. /

Glavne jednadžbe pojedinih namotaja jesu:

a) valoviti:

$$a=1 \quad Y = Y_1 + Y_2 = \frac{st \pm 2}{p} \quad (33)$$

$Y_k = \frac{k \pm 1}{p}$ ;  $(Y_k) i (k)$  nemaju zajednič. djeli. telja;  $Y_1$  i  $Y_2$  moraju biti lihi brojevi.

b) petljasti:

$$a=p \quad Y = Y_1 - Y_2 = \pm 2 \quad (34)$$

$$Y_1 \approx \frac{sL}{2p} \approx 2p$$

$$Y_k = Y_s = \frac{Y}{2} = 1; \text{ radi dobre komutacije } \frac{k}{p} = \text{lihi broj.}$$

c) višestruki valoviti:

$$a \geq p \quad Y = \frac{st \pm 2a}{p} \quad (35)$$

$$Y_k = \frac{k \pm a}{p}$$

$(Y_1) i (Y_2)$  lihi brojevi; izbjegavati:  $a > p$   
zgodno je:  $\frac{p}{a} = 2$

d) višestruki petljasti:

$$a=m \quad Y = \pm 2m \quad (36)$$

$$Y_k = \frac{Y}{2} \cdot m$$

Obzirom na komutaciju je zgodno, ako je namotaj potpuno simetričan: (n. z.  $2p$ ) mora biti cijeli brojno djelivo sa  $(a)$ ;  $(Y_k)$  i  $(k)$  nesmiju imati kod jednostavnog ratorenih namotaja zajedničkog djeli. telja. Osim toga mora — ako se ima spojke ujednačenja 1: od  $2p \geq 6$  unaprijed — biti ispunjena za potencijalni korak:

a) petljasti namotaj:  $Y_p = \frac{k}{a}$  :  $\frac{Z}{p} =$  cijeli broj; svaki prsten ujednačenja ima  $(p)$  približaka.



b) voloviti namotaj:  $\gamma_p = \frac{\kappa}{a} : \frac{z}{a} =$  cijeli broj; svaki prsten ima (a) priključaka; sasvim tačno izjednače, nije moguće je samo onda, ako je  $(\frac{\kappa}{a})$  cijeli broj.

Presjek spojka izjednačenje je općenito:

$$g_v = (\frac{1}{4} \div \frac{1}{2}) \cdot 2a \quad (37)$$

Broj prstena za izjednačenje odabere se tako, da se kod malenih strojeva priključi svaku 10 ÷ 8 lamelu  
" velikih " " " " 5 ÷ 4 "

Namotaj iz stopova odabere se onda, ako je struja  $(i_a) \geq 60 \div 80 A$ ; najniža granica je 30A.

Zgodno je položiti (4 ÷ 8) žica u jedan utor, jer se tada dolije velikog ugnušenje kratko spojenih svitaka. Ali volumen struje jednoga utora ne smije prekoračiti 900A. Prema tome:

4 stopova u utoru	$i_a \leq 225 A$	} . . . . . (38)
6 stopova " "	$i_a \leq 150 A$	
8 " " "	$i_a \leq 115 A$	

Kod teških prilika komutacije odabere se kod većih struja  $(i_a)$  samo dvije strane u jednom utoru.

Broj utora između šiljaka (krajeva) polnih stopala 1: u polnom rasporedu: ne smije potkoraciti određenom granicu, jer bi inače bio upliv glavnih polova na polje komutacije prevelik. Ovdje vrijedi:

$$(1 - \alpha_n) \frac{z}{2p} > 3 \div 4 \quad (39)$$

Broj lamela je kod svih namotaja obično je, duak broju svitaka:

$$K = S \quad (40)$$

Broj lamela mora biti tolik, da je ispunjena jedna, držba za maksimalni napon lamela u neoptereće, namu kretu:

$$E_{d \text{ } \kappa \text{ max}} = \frac{2p \cdot E_a}{\alpha_n \cdot K} \leq 25 V \div \text{max } 35 V$$

Obzirom na komutaciju zgodno je odabrati

$$S \geq 0,04 \cdot z \cdot \sqrt{i_a} \quad (41)$$

itara to, da se ne prekorači granica u žici dozvoljene struje. Jer je  $(S = K)$  vrijedi jedn. (42) također i za broj



lamela. ako amaturama namotaj iz štapova, onda je općenito:  $s = \frac{z}{2}$ , pa prema tome

$$\frac{z}{2} = 0,04 \cdot z \cdot \sqrt{i_a} \quad , \quad \sqrt{i_a} = \frac{1}{2 \cdot 0,04}$$

$$\text{te } i_a = \left(\frac{1}{0,08}\right)^2 \approx 170 \text{ A.} \quad (43)$$

Jakost struje jednog štapa ne smije premačiti 170 A.

A jer je:  $i_a = \frac{I_a}{z_a}$ , dolikemo

$$z_a = \frac{I_a}{i_a} = \frac{I_a}{173} \quad ; \quad (44)$$

ponoću ove jednadžbe možemo odrediti broj grama, odnosno možemo odabrati namotaj.

Iz jednadžbe:  $z = \frac{T \cdot D \cdot AS}{i_a}$  izračunani broj žica, odnosno lamela (K), zaokružiti seta ko, da govora namotaju i ujetinu simetrije. Ako će se sv. the jednog utora pojedno izolirati, kao što se to obično čini, mora u jednadžbi:  $\gamma_1 = u_m \gamma_m + 1$  biti ( $\gamma_m$ ) cijeli broj.

Kod stroja sa spojkanama izjednačenja, odnosno sa skripotekcijalnim spojkanama, mora se radi simetrije odabrati određeni broj utora. Ali ovdje nije potrebno da budu spojke sasvim simetrično prikopčane na namotaj armature.

Presek žice namotaja slijedi iz

$$z_a = \frac{i_a}{\sigma_a} \text{ mm}^2 \quad (45)$$

Gustoća struje ( $\sigma_a$ ) mjerodavna je za ugrijavanje armature i stepen djelovanja /: vidi jedu. 11.]. Za veće strojeve - iznad 100 kW - sa štapovima i dobrim praćenjem iznaša ( $\sigma_a$ ) do 4,5 A/mm<sup>2</sup>. Za maleme dobro ventilirane strojeve, kojima su polovina iz lima, je gornja granica za ( $\sigma_a$ ) = 5 ÷ 6 A/mm<sup>2</sup> - do snage od ~ 30 kW,  $\sigma_a = 4 \div 5$  A/mm<sup>2</sup> za 30 ÷ 100 kW.

Gustoća struje je kod malenih strojeva veća radi manjeg prostora za namotaj. Produkt (AS ·  $\sigma_a$ ) je proporcionalan toplini struje za jedinicu površine oboda armature. Ovaj produkt može biti tim veći, čim je manja toplina keljora. On je također ovisan o praćenju armature. Za dobro ventilirane strojeve b.č. produkt (AS ·  $\sigma_a$ ) za namotaj iz bakra u granicama:



$$1000 \leq AS \cdot \sigma_a \leq 1800 \quad A/\text{cm}/\text{mm}^2 \quad (46)$$

Gubitak toplinske struje ( $m_{ak}$ ) pro  $\text{cm}^2$  površine ar. maturo, slijedi-za:  $AS$  A/cm, presjek:  $z$  mm<sup>2</sup>, specifični otpor ugrijanog bakra:  $\frac{1}{47}$  - iz jednačbe

$$m_{ak} = AS^2 \cdot \frac{901}{47 \cdot z}; \text{ ili jer je: } \frac{AS}{z} = \sigma_a, \quad (47)$$

$$m_{ak} = \frac{AS \cdot \sigma_a}{4700} \text{ pro } \text{cm}^2$$

Ovisno na stepen djelovanja može se od  $p_0$  četka odabrati za gubitak u bakru armature određeni broj vata ( $N_a$ ), te izračunati gustoću ( $\sigma_a$ )

$$N_a = I_a^2 \cdot R_a \quad \text{jer je: } R_a = \frac{z \cdot l_a (1 + 0.004 \cdot T_a)}{(2a)^2 \cdot 5700 \cdot z_a}$$

$$l_a = l_A + 1,4 + 5 \quad (48)$$

- dužina jednog štapa sa pripadajućim dijelom čelone spojke, dolijemo

$$N_a = \left(\frac{I_a}{2a}\right)^2 \cdot \frac{z \cdot l_a \cdot (1 + 0.004 \cdot T_a)}{5700 \cdot z_a} \quad (49)$$

$$\text{odnosno } N_a = \frac{\pi \cdot D \cdot AS \cdot \sigma_a}{5700} \cdot l_a (1 + 0.004 \cdot T_a) \quad (50)$$

Ugrijavanje - porušenje temperature od normalne,  $15^\circ\text{C}$ , za  $55^\circ\text{C}$  - uzmemo u obzir tako, da za specifični otpor bakra uzmemo  $\frac{1}{47}$ ; dakle

$$\sigma_a = \frac{4700 \cdot N_a}{z \cdot l_a \cdot I_a} \quad (51)$$

Težina bakra na armaturi slijedi iz jedn. (51):

$$G_{ak} = \frac{942 \cdot m_a}{\sigma_a^2} \text{ kg} \quad (52)$$

Otpor ( $R_a$ ) dolijemo iz ovih jednačba:

$$R_a = \frac{z}{(2a)^2} \cdot \frac{l_a}{4700 \cdot z_a} \quad (53)$$

Pad napona u armaturi uslijed ohmovog otpora:

$$I_a \cdot R_a = 2 \cdot a \cdot I_a \cdot R_a = \frac{z}{2a} \cdot \frac{l_a \cdot \sigma_a}{4700} \quad (54)$$

Radi vrtložnih struja nesmije se uzeti visina štapa preveliku. Kritičnu vrijednost ove visine daje jedn.:

$$h' = \frac{1,2 \div 1,3}{\lambda} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_a}{z}} \cdot \sqrt{\frac{z \cdot (1 + 0,8 \cdot \beta_1)}{z_p}} \text{ cm} \quad (55)$$

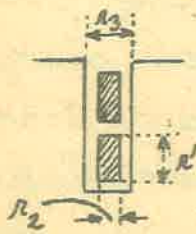
$$\text{gdje } \lambda \text{ (sl. 9): } \lambda = 0,14 \sqrt{\frac{c \cdot l_a}{R_0}} \quad (56)$$

$$\beta_1' = \left\{ \beta_1 + \left[ 1 - (1 + p_w) \frac{a}{p} \right] \cdot \beta \right\} \cdot \frac{D}{4} \quad (57)$$

/vidi: III-jedn 31./

$l$  = dužina armature

$\beta_1$  = na osnov armat. redukcije visina lamelle.





Za izolacije se uzima  $0,015 \div 0,05$  cm kao povećanje promjera ili debljine žice. Što je veći promjer to treba odabrati veću vrijednost. Za štapove računamo  $2d_i = 0,06 \div 0,1$  cm  $f: d_i =$  debljina izolacije  $f$ .

Da se dobije mjerni utora za određeni broj žica, najjednostavnije je računati, koliko se mora dodati širini i visini bakra svih vodiča. Kod toga se mora izolaciji i povećanje duljine utora za bandarču, odnosno klinasti rator, napose računati.

Sljedeća tabela (III) daje totalnu debljinu izolacije, koju treba računati kod namotaja u štapovima za različite napone.

Tabela III.

Proj. štapova, koji su u utoru jedan do drugoga	1	2	3	4	5
Napon steralka	Širina utora = totalna širina bakra +				
125 V	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
250 V	2,8	3,4	4,0	4,6	5,2
550 V	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4
750 V	3,8	4,6	5,4	6,2	7,0
1500 V		6,5	7,5	8,5	9,5

mm  
mm

Povećanje promjera žice radi izolacije vidi se u tabeli IV.

Tabela IV.

Porast promjera u mm

Žica omotana pamukom br	160	100	60	50
1 x pamukom omotana	0,10	0,13	0,17	0,20
2 x " "	0,20	0,26	0,32	0,40
3 x " "	0,30	0,39	0,51	0,60
1 x " "	0,60	0,63	0,67	0,70
1 x " opletena				
2 x " omotana	0,70	0,76	0,82	0,90
1 x " opletena				



Žica br. 60 ili 50 namotana pravokom upo,  
trebja ovjes samo kod malenih strojeva i malenih  
napona <sup>pro</sup> za razvoj. Tačnije vidi . . . . .

Veliki broj utora je uvijek zgodan za strojeve sa  
pomoćnim polovima. Čim je veći broj utora, tim je ma-  
nja širina zone komutiranja, tim je širi polovni  
luk. Ako je broj utora premalen onda stroj ne radi  
tako. Ali ovdje treba ueti u obzir daje prostor utora to  
ima je iskoršten što je veći broj, jer tada izolacija troši  
pro mnogo od prostora utora.

Za strojeve sa promjerom armature većim od  
25 cm nesmije biti  $\frac{z}{z_p} < 12$ , u glavnom : 12 ÷ 16, i više.  
Kod malenih promjera ( $D < 25$  cm) odabere se razmjern  
 $\frac{z}{z_p}$  više puta manji nego 12, približno 8, jer time  
postane stroj jeftiniji.

Najjednostavniji način da se postigne miran  
hod stroja taj, da se siljke polnih stopala načini  
ravne, i to u tangencijalnom smjeru na polovni  
luk, tako, da se postepeno poveća raspor do  $v(3 \div 4)d$ .  
Osim toga :  $\frac{z}{p} \geq 18 \div 20$ .

Oblik i broj rubova (utora) je njezodavan za  
kvalitete uslijed vrtložnih struja u stopalu pola. Kao  
mjera služi nam "faktor vrtložnih struja"  $f_v$

$$f_v = (k_1 - 1) \cdot z \cdot \frac{L_2}{10^5} \cdot \frac{m}{60} \quad (58)$$

$$\text{Ako je } f_v \geq 10 \quad (59)$$

onda se stopalo pola mora ueti u liniju, odnosno  
stopalo - u jednog komada - se dozvoljava dok je

$$\frac{\delta_m}{s} \leq 2 \quad (60)$$

!  $\delta_m$  = širina utora !

( $u_m$ ) se - obrisom na namotaj - odabere tako,  
da proticanje u utoru ( $u_m \cdot i_a$ ) ne pređe granicu:

$$u_m \cdot i_a < 900A \quad (61)$$

! vidi jedr. 37. !. Ako je ( $u_m > 2$ ) onda se mora ueti u  
obzir da mora biti prvi korak

$$y_1 = u_m \cdot y_m + 1 \quad (62)$$



ako se koef. u stranu utora rajeđno iskoristiti:

Rokmak utora određuje jednadžba:

$$t_n = \frac{D \cdot T}{z} \quad (63)$$

Polozicija utora je 0,015 cm ka uskih 120 V. ako se širini utora doda 0,15 cm, a dubini 0,08 ÷ 0,1 cm, dobije se širinu ( $b_m$ ) i dubinu ( $l_z$ ).

Daljnina ruba na glav je onda

$$z_n = t_n - b_m \quad (64)$$

Za razmjera:  $\frac{\text{širina utora}}{\text{rokmak utora}}$  neka vrijedi

$$v_m = \frac{b_m}{t_n} \sim 0,5 \quad (65)$$

Kod motora sa prenosila i dirala napravi se  $v_m < 0,5$ , a to radi toga, da se može u raku imati veći liku indukciju ( $L_z$ ). U tom se slučaju također povećava navlaka (AS). Povećanjem razmjera ( $v_m$ ) raste težina bakra.

Dimenzije utora može se odrediti na slijedeći način: ako je namotaj već odabran, a također i broj strana ( $u_m$ ), onda je dan i broj utora:  $z = \frac{st}{u_m}$ . Indukcija ( $L_{z \max}$ ) nemije prekoraci 22 ÷ 23000 Gaussa; jedino se u slučaju, da se ima konstruirati stroj vrlo malenih dimenzija / na pr. za tramway /, dozvoljava ueti ra indukciji:  $L_{z \max} = 28000$  Gaussa.

Presek rubova što leže pod polom je na dim utora - t.j. na mogućem mjestu

$$R_{z \min} = \frac{(D - 2l_z) \pi - z \cdot b_m}{2p} \cdot \alpha_i: 0,97 \quad (66)$$

Indukcija na ovom mjestu je

$$L_{z \max} = \frac{\phi_a}{R_{z \min}} \quad (67)$$

ako je pak radano ( $L_{z \max}$ ), onda slijedi ( $R_{z \min}$ ):

$$R_{z \min} = \frac{\phi_a}{L_{z \max}} \quad (68)$$

Riješimo jednadžbu (66) po ( $b_m$ ), dobiti ćemo - ako smo odabrali dubinu - širinu utora

$$b_m = (D - 2l_z) \pi - \frac{R_{z \min} \cdot 2p}{\alpha_i: 0,97} \quad (69)$$

Tok ( $\phi$ ) radostivarije presejka ( $R_{z \min}$ ) slijedi iz:

$$\phi_0 = \frac{E_a \cdot 10^8 \cdot 60}{n \cdot p} \cdot \frac{a}{z} = \alpha_i: \tau_p \cdot l \cdot L_z \quad (70)$$



Da se duljina odabere pravilno, uzmemo sledeće jednačine:

$$\left. \begin{aligned} 1,0 \leq l_2 \leq 1,5 \text{ cm} & \quad R_A \quad D < 15 \text{ cm} \\ 1,2 \leq l_2 \leq 3 \text{ cm} & \quad " \quad D \dots 15 \leq D \leq 40 \text{ cm} \\ 2,5 \leq l_2 \leq 4,5 \text{ cm} & \quad " \quad D > 40 \text{ cm} \end{aligned} \right\} (71)$$

Ako imamo mašina stroji otvorene utore, t.j. umjesto klinovitog ratora utora upotreblimo bandaću, onda se mora dubini dodati još 3 mm za povoj (bandaću). Ako imamo klinovit rator onda treba uzeti 5 mm za klin (rator).

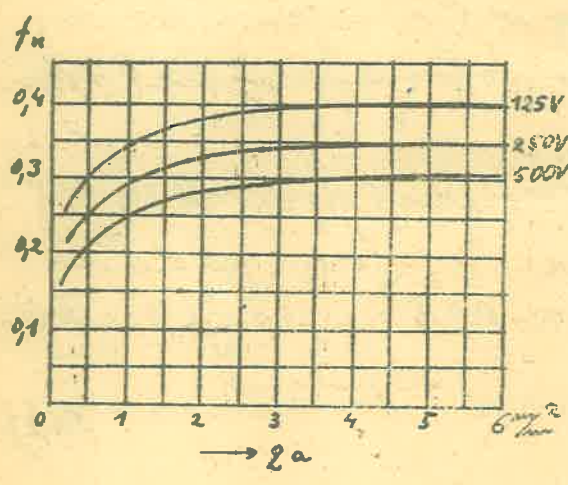
Kada su vrijednosti utora određene, kontrolira se na vlakna (AS) pomoću jednadžbe

$$AS = \left(1 - \frac{2 \cdot l_2}{D}\right) v_m \cdot l_2 \cdot f_n \cdot \sigma_a \cdot 100 \quad (72)$$

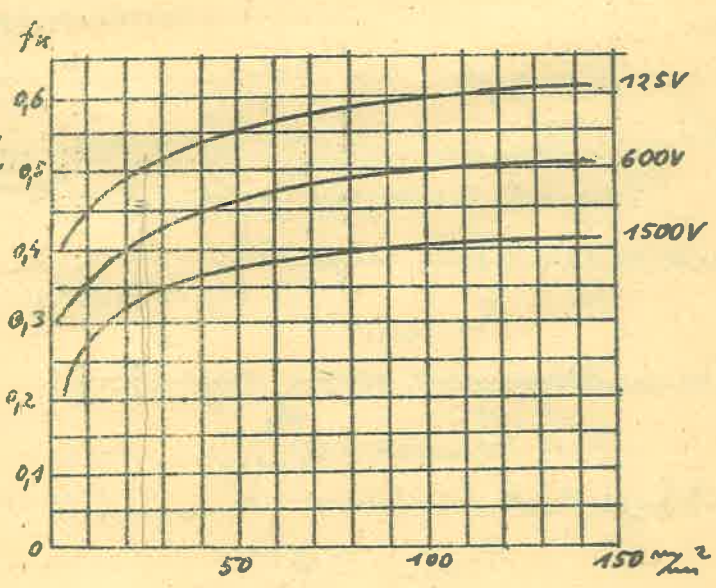
gdje je

$$f_n = \frac{u_m \cdot W_n \cdot \sigma_a}{\sigma_m \cdot l_2 \cdot 100} = 0,6 \div 0,2 \quad (73)$$

„faktor napunje bakrom“. Slike (9) i (10) prikazuju ovaj faktor ( $f_n$ ) za namotaj različitog presjeka („redje vi“ jedinosti)



S1.9.



S1.10.

U jednadžbi (73) uvrstimo se ( $\sigma_a$ ) u (mm<sup>2</sup>); ( $W_n$ ) je broj ravoja jednog vitka. Ako se ovom jednadžbom dođe (AS) manji nego li je odabrano za proračun prouje, ra (D), onda je (D) preveliko, te se može smanjiti.



Konjiški promjer armature slijedi iz:

$$D_a = D - 2t_2, \quad (74)$$

prema tome je razmak rublja na dnu utora

$$t_2 = \frac{\pi \cdot D_a}{Z} \quad (75)$$

i debljina rubla u korjenu:

$$z_2 = t_2 - b_m > 0,3 \text{ cm} \quad (76)$$

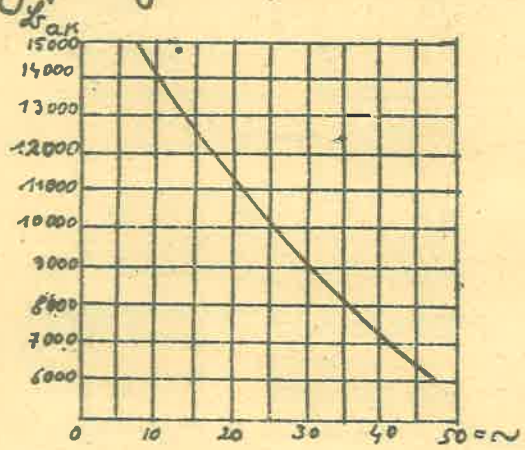
Fiktivne su indukcije za

glavu rubla	$L_{z_{i_1}} = \frac{t_1 \cdot L_1}{k_2 \cdot z_1}$	} (77)
korenu "	$L_{z_{i_2}} = \frac{t_2 \cdot L_2}{k_2 \cdot z_2}$	
rednim "	$L_{z_{i_{red}}} = \frac{L_{z_{i_1}} + L_{z_{i_2}}}{2}$	

$k_2 = 0,88$  kod izolacije s papirnom,

$k_2 = 0,9$  kod izolacije sa šljokom.

Za izračunavanje jage armature odabere se najprije indukcija ( $L_{ak}$ ) u jageci. Gubitci u željezu ovisni su o ( $L_{ak}$ ), te o broju perijoda ( $n$ ). Što je manji broj perijoda, to veće može biti ( $L_{ak}$ ). Približno kao



Sl. 11.

vihne vrijednosti daje slika (11); ona daje ( $L_{ak}$ ) u ovisnosti od:  $n = \frac{P \cdot m}{80}$ . Ovaj daje gram vrijedi uglavnom za strojeve bez pomoćnih polova ako strojima pomoćne polove mora se računati još i tok pomoćnih polova, pa da se vidi da li je rasipanje preveliko.

Radijalna visina jage ( $r$ ) slijedi iz

$$r = \frac{\phi_a}{2 \cdot k_2 \cdot Z \cdot L_{ak}} \text{ cm}, \quad (78)$$

te unutarnji promjer:

$$D_i = D_a - 2r \text{ cm} \quad (79)$$

### Komutator

Radialna komutatora je za strojeve srednje veličine obično 7,5 mm. Obično na čvrstocin - me mehanizaciji od 3,5 mm / savim maleni strojevi do 3 mm /



Širina rotacije  $l$ : tupa, kica:  $l$  je uvijek (0,6 ÷ 0,8) mm; razmjerne između 5000 V do 2 mm. Pro, najmanji komutatorski očvrsno 4 ÷ 10 cm manji nego promjer armature, da se spojeva namotaja sa komutatorom (kolektorom) lakše izvodi

$$D_k = (0,8 \div 0,5) \cdot D \quad (80)$$

0,8 - za male, 0,5 - za velike strojeve.

Najmanji broj lamela određen je jednačinom

$$K \approx (0,038 \div 0,04) \cdot Z \cdot \sqrt{I_a} \quad (81)$$

Da inducirana EMS među rubovima kofica ne postane prevelika, ne smije biti ( $\frac{\sigma_a}{\beta}$ ) preveliko, t.j. ( $\beta$ ) ne smije biti manje od 4 ÷ 5 mm.

Uz:  $g$  = broj svornika, pripada svakom svorniku struja:  $I_a : \frac{g}{2}$ . ako je ( $\sigma_a$ ) dozvoljeno opterećenje svakog (cm<sup>2</sup>) ploštine doticanja  $l$ : srednja vrijednost - prema vrsti kofice - 4 ÷ 11 A/cm<sup>2</sup>; maksimalno 20 ÷ 9 A/cm<sup>2</sup>; ( $F_b$ ) ploština doticanja svih kofica jednog svornika, onda je

$$F_b \cdot \sigma_b = \frac{2 \cdot I_a}{g}; \quad F_b = \frac{2 \cdot I_a}{\sigma_b \cdot g} \text{ cm}^2 = \frac{I_a}{p \cdot \sigma_b} \text{ cm}^2 \quad (82)$$

- ako je  $g = 2p$ , što se preporuča, jer je vrlo zgodno.

( $\beta$ ) = širina lamela sa rotacijom  $l$ : 4 ÷ 8 mm: 4 - za male, 8 - za velike strojeve;  $l$ : onda vrijedi:

$$\pi \cdot D_k = K \cdot \beta; \quad D_k = \frac{\beta \cdot K}{\pi} \quad (83)$$

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n}{60} = 10 \div 25 \text{ m/sek}; \text{ zgodno je: } v_k \approx 14 \text{ m/sek} \quad (84)$$

Širina kofice

$$b_1 = (2 \div 3) \beta \quad (85)$$

Kod strojeva niskog napona uime se širina kofice višeputa manji nego li je širina lamela. Definišiti širinu kofice određuje tek proračun komutacije.

Dužina ( $l_2$ ) u smjeru osovine određena je sa - ako svaki svornik ima ( $z_2$ ) kofica -

$$l_2 = \frac{F_b}{z_2 \cdot \sigma_b} \text{ cm} \quad (86)$$

Dužina lamela ( $l_k$ ) jednaka je dužini svih kofica na jednom svorniku, povećanoj za 2 ÷ 3 mm za svaku



keficu - akosnu držala iz lima; inače se uzme odgovara, najučin mjeru sa držala,  $+ 5 \div 10$  mm sa radijusom  $r$ , + pronač sa priključak namotaja armature.

Da se kolektor na čitavoj dužini jednoliko veliče, dolno je kod većih strojeva pomaknuti kefice jednog svornika u aksijalnom smjeru napram keficama drugoga. No jer je djelovanje pozitivne i negativne kefice na kolektor različito, mora se pozitivne kefice jednoga svornika ustnuti sa negativnih kefica jednog od susjednih svornika. Prema tome se dolije (po) nejednolik položaja kefica na komutatoru.

Liniji lamela određuje gustoća  $\sigma_2 = 80 \div 100 \text{ A/cm}^2$ . Kod velike dužine kolektora treba se uvijek obazirati na mehanicku čvrstoću kolektora.

Pad napona uduž kefice je veoma malen, te ne dolazi u obzir. Jitno je veći pad napona uslijed prelarnog otpora (kefica - lamela.) Ovaj je pad ovisan o materijalu kefice, mjeru struje, njenoj gustoći, o temperaturi, pritisku, kemijskoj i mehanickoj ka-koći, te o vrsti struje. - Pritiskom pada prelarni otpor najprije brzo, a onda polagano. Od brzine je prelarni otpor skoro neovisan. Najveći utpliv ima materijal. Kefice iz bakra, koje se uvijek načine iz spletenih žice, imaju znatno manji otpor nego li kefice koje su tvrde, i sa koje je prelarni otpor to veći, što su one tvrde.

Prelarni otpor (prelarni napon) mora biti dosta velik, jer su inducirane struje u kratko spo-jevanom svitku tim manje, što je otpor veći. I rastu-ćim otporom povećava se toplina, koja je proporcijom, malna produktu iz prelarnog napona i gustoće struje. Za strojeve niskog napona i povoljnijim prilikama ko-mutacije, vama se kefice sa malenim prelarnim otporom. Ovaj se otpor odabere to veći, čim je veća na-pretost, te čim su neugodniji prilike komutacije.



Velika brzina kolektora raktjeva kefice sa malem faktorom trenja: make valjene kefice sa grafitom.!

Djelovanje toplinske struje slijedi iz produkta:  $\sigma H \cdot I$  ako ( $\sigma H$ ) znači prelazni napon, a ( $I$ ) struju. Srednja vrijednost od ( $\sigma H$ ) je  $\sim 2 V$  za obe kefice; prema tome toplina:  $2 \cdot I \cdot W$ .

Ako su kefice podvignute tresnjama, onda se mora pitati kakve kefice podvignuti.

Sirina kefice ( $b_2$ ) može se uzeti kod strojeva sa pomoćnim polovima nešto veća nego li kod strojeva bez pomoćnih polova. Još šira može biti kefica kod strojeva sa kompenzacionim namotajem. Sirina ( $b_2$ ) je obično  $10 \div 25 \text{ mm} \approx 2 \div 3$  laniela. - Sve ostale mjere kefice make budu što je moguće manje, da bude težina malema. Za strojeve srednje veličine vemo se:  $b_2 \approx 10 \div 25 \text{ mm}$ .

### 3. Magnetski sistem.

#### a) Strojevi bez pomoćnih polova.

Da ne bi imali u zoni komutiranja odviše veliku promjenu polja, nemije ovo polje kod tereta pasti na nulu, ili, pače, poprimiti protivnu predznak.

Raditoga mora biti

$$AW_1 + AW_2 > b_2 \cdot AS \quad (87)$$

Metrimo

$$AW_1 + AW_2 > (1 \div 1,2) \cdot b_2 \cdot AS, \quad (88)$$

prema tome raspor stopalo-armatura mora biti

$$S > \frac{(1 \div 1,2) \cdot b_2 \cdot AS - AW_2}{1,6 \cdot K_1 \cdot b_2} \quad (89)$$

Onda odgovara ovom uvjetu približno jednadrilo

$$S \approx 0,65 \cdot \frac{Z_p \cdot AS}{b_2} \text{ cm} \quad (90)$$

Ovom jednadrilom dobiveni rezultati kontrolira se jednadrilom (89). Prema tome se može ( $S$ ) naćiniti to manji što je veće ( $AW_2$ ), t.j. što je veće raćićenje rubova.

Strojevi sa velikom regulacijom napona,



odnosno strojevi velike brzine / motori / moraju <sup>doz</sup> biti nešto veći raspora, koji odgovara jednadžbi

$$S \geq \frac{(1,2 \div 2) \cdot \bar{z}_i \cdot AS - AW_2}{1,6 \cdot K_i \cdot \bar{z}_i} \quad (91)$$

Kod većih promjera armature neće se napraviti (S) manji od 0,5 cm /  $D \approx 200 \text{ cm}$  /, već i radi meka, ničkih raspora. Kontrolu raspora (S) dozvoljava ta, kotler razmjera totalnog broja amper-ravoja / broj AW svih magmeta / so. brojem amper-ravoja armature ( $\frac{z \cdot i_a}{2}$ ), koji razmjera meka leži između (1,2  $\div$  2), t.j.

$$\frac{2 \cdot AW_2}{z \cdot i_a} \approx 1,2 \div 2 \quad (92)$$

### b) Strojevi sa pomoćnim polovima.

Kod ovih može biti (S) nešto manji:

$$S \approx 0,5 \frac{z_p \cdot AS}{\bar{z}_i} \text{ cm} \quad (93)$$

Na obzirom na maksimalni napon lamela, te isplje, gavanje vatre na kolektoru, te, konačno, obzirom na stabilnost manjih porednih motora, zgodnije da se ispuni jednadžba (87). Ako se ovaj uvjet ne ispuni, imati će glavno polje na dnu stranama pomoćnog pola suprotni predznak od pomoćnog, stroj bi bio jako osjetljiv prema pomicanju četka. Stoga se tako, da kod strojeva sa pomoćnim polovima sa konstantni napon, odnosno kod motora sa konstantnim brojem okretaja, odabere raspor po

$$S \geq \frac{(1 \div 1,2) \cdot \bar{z}_i \cdot AS - AW_2}{1,6 \cdot K_i \cdot \bar{z}_i} \quad (94)$$

Razmjera totalnog broja amper-ravoja / AZ / i AZ armature je onda  $\frac{2 \cdot AW_2}{z \cdot i_a} \approx 1 \div 1,2$  (95)

Ako je potrebno konstruirati ove strojeve sa promjenjivi napon, odnosno sa promjenjivi broj okretaja, onda se odabere (S) još veće, a glavno polje još jače.



c) Kompensirani stroj.

Kod ovih strojeva može biti raspas još manji:

$$L = 0,4 \cdot \frac{z_p \cdot AS}{z_2} \text{ cm} \quad (96)$$

Provit glavnih magneta je

$$D + 2\delta \quad (97)$$

Konačno se može još spomenuti, da dio polornog luka konstantne širine raspasa iznosi za strojeve bez pomoćnih polova i bez kompenzacionog na, motaja  $\sim 0,5$ , za strojeve sa pomoćnim polovima  $0,45$  razmaka ( $z_p$ ). Oko stroj ima kompenzacioni na, motaj, onda je ovaj dio iste veličine kao polorni luk.

Ako se zna raspas ( $\delta$ ), izračuna se tok ( $\phi_0$ ) opte, rećenog stroja

$$\phi_0 = \frac{60}{p \cdot n} \cdot \frac{q}{z} \cdot E \cdot 10^8 \quad (98)$$

$E$  - vidijedi 3. Radi rasipanja mora biti tok što ga proizvode tajni (AW) veći od ( $\phi_0$ ), t.j.

$$\phi_{m3} = v \cdot \phi_0 \quad (99)$$

Koeficijent rasipanja se prema obliku konstrukcije odabere, te računom kontrolira; radi toga treba si nacrtati magnetski sistem. Kod strojeva sa pomoćnim polovima pojačava tok pomoćnog pola u jednoj polovici glavni tok, a u drugoj polovici ga slabij: vidi III - 13, b: /, pa prema tome vrijedi:

$$\phi_{j3} = \frac{1}{2} (\phi_{m3} \pm \phi_{wm}) \quad (100)$$

- ako ( $\phi_{wm}$ ) označuje tok pomoćnih polova, te ako se mislimo, da se tok u jarumu dijeli kao obično. Da ne bi zasićenje jaruma smetalo ravno položenje kri, vulje magnetiziranja pomoćnih polova, nesmije ( $\phi_{m3}$ ) u jarumu iz čelika prekoraci 13 ÷ 14 000 Gaussa.

Za gustoću indukcije vrijedi slijedeća tabela:

jezgra armature bez pomoćnih polova	do 15 000 g
" " sa " " "	" 13 000 "

rubci, s paralelnim stranama utora	20 ÷ 23 000 Gaussa
" " " " ruba	17 ÷ 19 000 "



jezgra glavnog pola, lim ili lijevani čelik	12 ÷ 17000 g	
" pomoćnog " , ————— "	do 12000	
" glavnog " , lijevano željezo	" 6 ÷ 8000	
jaran iz lijevanog čelika, bez pam. pol.	" 15000	Gausa
" " " " , sa " "	" 10000	
" " lijevanog željeza, bez " "	" 10000	
" " " " , sa " "	" 7000	

Za poredne strojeve sa konstantnim naponom steraljka je velika rasiknosit povoljna. Normalno uslu-  
 denje meka leži na koljena krunje magnetiziranja. -  
 ako se poredni generator mora upotrebiti, sa malijanje  
 akumulatora, onda treba u pogonu napon povisiti do  
 $\frac{2,6}{1,8}$  u. Ako se navedene vrijednosti indukcija vrijede  
 sa većim napon, mora se normalna indukcija umno-  
 žiti sa  $\frac{1,8}{2,6}$ . Na pr.: sa lijevani čelik 12000  $\cdot \frac{1,8}{2,6} = 8000$ ,  
 $\div 17000 \frac{1,8}{2,6} = 12000$  Gausa. Isto vrijedi sa motore kojima  
 treba broj tura regulirati u velikom opsegu. Za nor-  
 malno usluštenje u svim romanje, sa maksimalno  
 veće vrijednosti od ( $B_m$ ) i ( $B_j$ ). U ovim je slučajevima  
 najgodnije početi račun sa najvećim dozvoljenim gustoću,  
 t. j. sa najveći potrebiti tok.

Strojevi sa serijskim namotajem. Indukcija se  
 odabere kao sa jako rasiknosit poredni generator.

Kod kompandnih strojeva sa konstantnim  
 ili rastućim naponom na steraljkama rzdnoje, -  
 (ako se želi postići dobro kompandiranje) da ne bude  
 broj serijskih ravoja prevelik - odobrat nešto manje  
 indukcije. Karakteristika i proračun serijskih  
 ravoja pokazati će, da li se indukciju pravilno odabralo.

ako se pozna ( $B_m$ ) i ( $B_j$ ), slijedi

$$Q_m = \frac{\Phi_m \cdot \delta}{B_m} \quad (101)$$

$$Q_j = \frac{\Phi_m \cdot \delta}{2 \cdot B_j} \quad (102)$$

/: Vidi: III - 4 g: /

Kod prvog crtanja magnetokog sistema valja  
 pariti, da ostane dosta prostora sa namotaj, te da



namotaji magneta inadu dostatan površini za hlajenje. Ako se je odabralo prostor prevelik ili preman, može se poslije proračuna namotaja sistem popraviti:

Jednadrčka (95) možemo pisati  
za strojeve bez pam. pol.  $\frac{2 \cdot p \cdot AW_K}{2 \cdot i_a} \approx 1,2 \div 2,0$  (103)

" " " " "  $\frac{2 \cdot p \cdot AW_K}{2 \cdot i_a} = 1, \div 1,2$  (104)

Te ovih se jednadžba može poslije odrednog namotaja armature približno izračunati. Broj AZ za jedan ma, gnetški krug. Zamislimo si namotaj od jednog jedinog ravoja, sa gustoćom ( $\sigma_m$ ), onda je potreban totalni presjek bakra

$$Q_K = \frac{AW_K}{\sigma_m}$$

Ali mi imamo mnogo izoliranih žica, prema tome treba trošiti nešto prostora i za izolaciju. Osim toga je faktor napune ( $f_K$ ) manji od jedinice. Prema tome je potreban prostor za namotaj:

$$\sim \frac{AW_K}{100 \cdot \sigma_m \cdot f_K} \text{ cm}^2. \quad (105)$$

Ako se namotaj sastoji iz porednog i serijskog namotaja, računa se svaki za sebe.

Faktor napune ( $f_K$ ) za namotaj uhlajenja /: dva puta parnikom omotana žica /: ima sljedeće vrijednosti:

Čisti promjer	$d =$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	mm
izolirani "	$d' =$	0,7	1,3	2,4	3,4	3,5	5,5	mm
$f_K = 0,785 \frac{d^2}{d'^2}$			0,40	0,46	0,55	0,61	0,62	0,65

Visina namotaja, t.j. debljina okovito nosio, vinnu pola, neka ne prelazi  $5 \div 6$  cm, jer je inače hlajenje namotaja nepovoljno. Visina prostora, odnosno jednog svitka u smjeru osovine pola, bila bi u tom slučaju - ako sadržaje jedan magnetški krug dva svitka /: projedan pol /:-

$$h_m \approx \frac{AW_K}{(1000 \div 1200) \sigma_m \cdot f_K} \text{ cm} \quad (106)$$

Visinu se namotaja dobije, ako dodamo još dvostruku visinu debljine nosioca tog namotaja.



Proračun uveličanja - vidi III-4.

ako je ( $I_m$ ) struja, ( $q_m$ ) presjek u mm<sup>2</sup>, ( $l_m$ ) srednja dužina jednog zavoja u cm, ( $w_m$ ) broj svih porednih zavoja, ( $R_m$ ) otpor namotaja, ( $AW_z$ ) totalni broj AZ, onda vrijedi:

$$\text{za neopterećeni kret} \quad AW_{z0} = p \cdot AW_K \quad (107)$$

$$\text{za opterećeni kret} \quad AW_z = p \cdot AW_K$$

Otpor slijedi iz

$$R_m = \frac{w_m \cdot l_m \cdot (1 + 0,004 \cdot T_m)}{5700 \cdot q_m} \Omega \quad (108)$$

( $T_m$ ) je srednje povišenje temperature nad 15°C. Dužina ( $l_m$ ) određi se za prvi proračun iz nacrtu.

Najveća struja magnetiziranja je kod napona ( $U$ ) na steralkama

$$I_{m \max} = \frac{U}{R_m} \quad (109)$$

Prema tome je maksimalni broj AZ:

$$I_{m \max} \cdot w_m = \frac{5700 \cdot q_m}{(1 + 0,004 \cdot T_m) \cdot l_m} = AW_{z \max}; \quad (110)$$

koji je neovisan o broju zavoja, a koje zadani napon steralka ( $U$ ), srednja dužina ( $l_m$ ), dok je ovisan samo o presjeku ( $q_m$ ). Prema tome, ako je broj ( $AW_z$ ) pre malen, nema smisla povećati broj zavoja. ( $AW_z$ ) se može povećati samo povećanjem presjeka.

Da se može postići tok ( $\phi_z$ ) sigurno nešto prekoraciti, uima se

$$q_m = \frac{AW_z \cdot l_m \cdot (1 + 0,004 \cdot T_m)}{5700 \cdot U} \cdot (1,1 \div 1,2) \quad (111)$$

Za okrugle žice je promjer

$$d_m = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot q_m} \quad (112)$$

Dobivenu vrijednost se razokružiti prema gore na obični presjek. Ako izračunani presjek ima krive, liku razliku prema običnome, može se dva presjeka paralelno spojiti. Onda mora biti:

$$q_m = \frac{q_{m1} \cdot w_{m1} + q_{m2} \cdot w_{m2}}{w_{m1} + w_{m2}} \quad (113)$$



okosurelo na presjek  $(z_{m1}) - (w_{m1})$  ravoja, na presjek  $(z_{m2}) - (w_{m2})$  ravoja.

Terina bakra slijedi je

$g_{km} = l_m \cdot z_m \cdot w_m \cdot 8,9 \cdot 10^{-5} = l_m \cdot w_m \cdot \frac{z_m}{I_m} \cdot l_m \cdot 8,9 \cdot 10^{-5}$ , odnosno, ako je  $(\sigma_m)$  gustoća struje:

$$g_{km} = \frac{AW_z \cdot l_m \cdot 8,9}{10^5 \cdot \sigma_m} \text{ kg} \quad (114)$$

U jednadžbe (108) slijedi gubitak u W:

$$N_m = \frac{(1+0,004 \cdot T_m) \cdot AW_z \cdot l_m \cdot \sigma_m}{5700} \quad (115)$$

t. j.: kod zadanog broja (AW) i kod zadane srednje dužine, ovisan je gubitak ( $N_m$ ) samo o gustoći struje ( $\sigma_m$ ).

Ovaj je gubitak malen, osobito kod velikih strojeva, prema tome se odabere gustoća takve veličine, koliko to odgovara i dozvoljava porastu temperature. Gustoća struje leži u granicama

$$\sigma_m = 1,2 \div 2,2; \text{ najčešće: } 1,4 \div 1,7 \text{ A/mm}^2 \quad (116)$$

Kod dobro ventiliranih vitaka može se uzeći  $\sigma_m > 2,2$ .

Najbolje je najprije odabrati si ( $\sigma_m$ ), a onda se dobije

$$I_m = z_m \cdot \sigma_m; \quad w_m = \frac{AW_z}{I_m}; \quad I_{m \max} = \frac{AW_{z \max}}{w_m}; \quad \sigma_{m \max} = \frac{I_{m \max}}{z_m} \quad (117)$$

Prostor za namotaj, srednja dužina ( $l_m$ ) i otpor ( $R_m$ ) mogu se sada tačnije izračunati.

Za normalni teret, u normalnoj struji magne- tiziranja ( $I_m$ ), biti će totalni otpor prednog kruga:

$$R_m + r_{m0} = \frac{U}{I_m},$$

$$\text{odnosno: } r_{m0} = \frac{U}{I_m} - R_m \quad (118)$$

( $r_{m0}$ ) je otpor, kojega se kod normalnog tereta mora predkopčati.

Za neopterećeni kret je struja u posrednom sklopu

$$I_{m0} = \frac{A \cdot W_{z0}}{w_m}$$

oi potrebnim otpor

$$r_{m0} = \frac{U}{I_{m0}} - R_m = \frac{U}{I_{m0}} - \frac{l_m \cdot w_m}{5700 \cdot z_m} \quad (119)$$

Da se može izjednačiti utplov promjene broja



okretaja na napon steraljka, napravi se otpor ra  
pred kapčaje i regulaciji:

$$R_m = (1,1 \div 1,5) \left( \frac{U}{I_{m0}} - \frac{z_m \cdot W_m}{5700 \cdot z_n} \right) \quad (120)$$

### Serijski namotaj:

$(W_n)$  je totalni broj serijskih ravoja,  $(I_n)$  je jakost struje; onda mora biti

$$W_n = \frac{AW_{z0}}{I_n} \quad (121)$$

te, dalje,

$$z_n = \frac{I_n}{\sigma_n} \text{ mm}^2 \quad (122)$$

Gustoća struje može računati iz jednadžbe

$$\sigma_n = \frac{5700 \cdot N_m}{(1 + 0,004 \cdot T_m) \cdot I_n \cdot W_n \cdot z_n} \quad (123)$$

ako se zna ra kvalitak ( $N_m$ ) u  $W$ , to srednji dužinu ( $z_n$ ). Obeirou na stepen djelovanja oda bere se većinom

$$\sigma_n = 1 \div 1,7 \text{ A/mm}^2 \quad (124)$$

Kod motora koji su kratko vrijeme u pogonu, i motora za željeznice povisi se gustoća do

$$\sigma_n > 2 \div 3 \text{ A/mm}^2 \quad (125)$$

Switke se može spojiti ili u seriju, ili paralelno u odjelima. Prvi spoj je bolji, jer kod paralelnog polja mogu nastati nesimetrije polja.

### Kompaundni namotaj:

Ako se želi imati napon steraljka nepro-  
mijenjen, onda je broj porednih AZ za sve terete  
jednak broju <sup>ovih</sup> neopterećenog kruga, t.j.

$$I_m \cdot W_m = AW_{z0} \quad (126)$$

Serijski zavoji punog tereta određeni su sa

$$I_n \cdot W_n = AW_z - AW_{z0} \quad (127)$$

Prematomo vrijedi

$$z_n = \frac{(1 + 0,004 \cdot T_m) \cdot z_m \cdot AW_{z0}}{5700 \cdot U} ; \quad I_n = \frac{z_m}{\sigma_n} ; \quad W_m = \frac{AW_{z0}}{I_n} \quad (128)$$

$$W_n = \frac{AW_z - AW_{z0}}{I_n} ; \quad z_n = \frac{I_n}{\sigma_n} \quad (129)$$



Kod nadkompandiranja raste napon steraljka sa teretom,  $(I_n \cdot w_n)$  dakle nije konstantno. U ovom se slučaju računa najprije iz jednadžbe  $(I_n \cdot w_n = AW_{z_0})$  poredni namotaj za neopterećeni kret, i otpor

$$R_n = \frac{(1+9004 \cdot T_n) \cdot l_n}{5700 \cdot q_n} \dots \dots \dots (130)$$

Onda je za koji god veći napon steraljka (u) poredni broj AZ

$$AW_n = \frac{u}{R_n} \cdot w_n \dots \dots \dots (131)$$

ako se računa sa maksimalni napon puno opte., računog stroja totalni broj  $(AW_{z_{max}})$ , onda mora biti

$$w_n = \frac{AW_{z_{max}} - AW_n}{I_n} \dots \dots \dots (132)$$

Ispitivaje kompaundacije vidi.....

Tačno izračunati kompaundiranje se ne može. Ovdje treba praviti pokuse, da se vidi, je li je kompaundiranje pravilno. Kod strojeva sa malim presjekom serijskog namotaja, može se zavoj dodati ili odustati (odmotati), kod većih presjeka je zgodnije napr., viti paralelni sklop, jer se ovim može također za vrijeme pogona kompaundiraje regulirati. Po., redni namotaj dolije skorovijek regulator, jer ne ostane u pogonu - radi ugrijavanja - poredni broj AZ konstantan. U tom se slučaju napravi  $(q_n)$  nešto veći nego li to odgovara jednadžbi (128).

#### 4. Komutacija; pomoćni polovi; ispitivanje komutacije.

##### III - 11:

Struja, koja teče u namotaju armature, proizvodi magnetsko polje, koje se može razdijeliti u različne djelove, i ako on očini skupnu cjelinu. Jedan dio toga polja proizvode magnetizirajuće polje, wdruje AZ, koji li se dio zatvorio kroz glavno polje, da ne li bio kompenziran od jednog broja AZ



na magnetima.

Drugi dio polja proizvede poprečni AZ armature. To je dio zatoru kroz stopala armature. U zoni komutiranja ima ono intenzitet pojednadrži (III-68):

$$L_2 = 2 \cdot \lambda_2 \cdot AS$$

( $\lambda_2$ ) je dakle vodljivost, koja pripada ovom polju konstantne veličine  $I$ ; dok je struja u armaturi konstantna  $I$  konstantnog smjera.

Konacno se preostali dio polja armature sastoji iz polja utora, „kojima leže vodiči, koji promijene predznak struje za vrijeme komutacije, te iz polja čeonih spojka. Ova se polja u zoni obrisa vodljivosti ( $\lambda_m$ ) i ( $\lambda_s$ ).

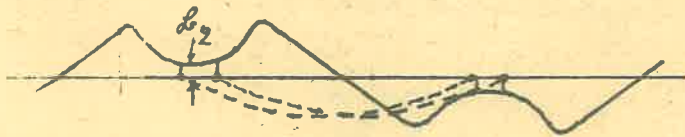
Poprečno se dakle polje može izračunati po jednadžbi

$$L_2 = 2 \cdot \lambda_2 \cdot AS \quad (133)$$

$$\lambda_2 = \frac{\frac{Z_p}{2} - p - b_c}{1,6 \cdot d_x} + \frac{\frac{Z}{2} + p + b_c}{1,6 \cdot x \cdot f} = \lambda_2 \cdot r \quad (134)$$

- vidi: III - jedr. (68), (69).

Ovo polje imamo svuda u neutralnoj zoni stroja bez pomoćnih polova, te, dalje, kod strojeva sa pomoćnim polovima u ovom dijelu razmaka polnih stopala, koji leži izvan stopala pomoćnog pola. Slika (12) prikazuje polaritet toga polja kod



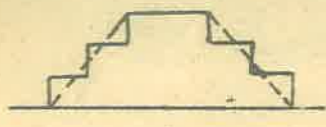
Sl. 12.

jednim parom polova. U zoni „strijski neutral“ najzoni je poprečno polje ( $L_2$ ) skoro konstantno, dok raste približno

strmo od početka do kraja zone komutiranja - kod strojeva bez pomoćnih polova, ako su kefice odma, kumte.

Polje utora ima oblik kao u slici (13), te promijeni smjer, ako se promijeni smjer struje. Ova pro-





Sl. 13.

mijena polja inducira u kratko spojenom svitku EMS, koja nije konstantna, već ima oblik kao polje slike (13). Srednju vrijednost ovog polja označili smo sa ( $L_N$ ) te smo za ovo polje dobili vrijednost - IV. jedn. 47. -

$$L_N = 2 \cdot AS \cdot \lambda_N \cdot \psi \dots \dots \dots (135)$$

$$\psi = \frac{z_1}{z_1 + b_w + [\epsilon_k - (1 + \mu_w) \frac{a}{\beta}] / \beta_N} = \frac{z_1}{b_k} \dots \dots \dots (136)$$

(IV. jedn. 40). Na istom mjestu čili smo vidjeli, da je najugodnije polje komutacije

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N + \frac{\rho_2}{K_2} \cdot \frac{AS}{A} \text{ Gaussa} \dots \dots (137)$$

U tom slučaju svi komutacija pokrivanja koja leži u sredini kvadrata kvadrata za komutaciju u pravcu, i kvadrata komutacije u tangenti. Ako se hoće da bude komutacija u tangenti, mora biti polje

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N + \frac{2 \cdot \epsilon_2}{K_2} \cdot \frac{AS}{A} \text{ Gaussa} \dots \dots (138)$$

Za ravnu komutaciju (- po pravcu) vrijedi:

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N \dots \dots \dots (139)$$

ako je ( $L_K = 700 \div 1600$  Gaussa) onda može stroj preko komutirati. Za veće vrijednosti ( $L_N$ ), koje su potrebne, mora se komutaciju prisiliti pomoćnim polom.

( $\lambda_N$ ) je odredi pojedn. (III-83):

$$\lambda_N = \lambda_m + \lambda_{K(w)} + \lambda_s \dots \dots \dots (140)$$

Za izračunavanje pojedinih sumanda ove jednačine vrijedi:

$$\text{III-71, sl. III-48} \quad \lambda_m = 1,25 \left( \frac{2,5 \cdot A}{3 \cdot n_2} + \frac{n_5}{n_3} + \frac{n_7}{n_8} + \frac{2n_6}{n_4 + n_8} + \frac{n_4}{n_1} \right) \dots \dots (141)$$

$$\text{III-72, 73, a) i b), t.j. bez kom. pol. - sl. III-50} \quad \lambda_{K(w)} = 0,92 \cdot \log \frac{\pi \cdot z_1}{\lambda_1} \dots \dots \dots (142)$$

$$b_w \approx 2 \cdot z_1 \quad \lambda_{Kw} = \frac{1,25 \cdot b_w}{4 \cdot d_w \cdot K_1} \dots \dots \dots (143)$$

$$b_w < 2z_1 \quad \lambda_{Kw} = \frac{b_w}{4 \cdot d_w \cdot K_1} \dots \dots \dots (144)$$



$$b_w > 2t_n \quad \lambda_{kw} = \frac{z_n}{2 \cdot f_w \cdot K_n} \quad (145)$$

$$\text{III-82} \quad \lambda_s = 0,5 \cdot \frac{z_s}{z} = \frac{z_a - z}{z} \cdot 0,5 \quad (146)$$

$$z_a = z_A + 1,4 \cdot z_p + 5 \quad /: z \text{ je dužina bez raspora:}/$$

$(z_A)$  je totalna dužina armature. Ako je dužina statornog pomoćnog pola ( $z_{pw} < z_A$ ) mora obratno polje imati indukciju

$$L_K' = 2 \cdot AS \left[ \psi (\lambda_n + \lambda_{kw} + \lambda_s) \frac{z_A}{z_{pw}} + \lambda_{g_0} \frac{z_A - z_{pw}}{z_{pw}} + \frac{e_0}{2 \pi B \cdot A} \right] \quad (147)$$

$(\lambda_{g_0})$  je vodljivost poprečnog polja za koficijent u neutralnoj zoni.

Ispitivanje komutacije, stroj bez pomoćnih polova.

Imamo li koficijent u neutralnoj zoni (kao što se to dešava kod motora, koji se okreću na obe strane:), onda je napon ( $e_K$ ) /: IV, gde 43:/

$$e_{K_0} = 2 \cdot K_B \cdot \frac{p}{a} \cdot A (\psi \cdot \lambda_n + \lambda_{g_0}) \leq 10 \text{ V - za motore} \\ \leq 8 \text{ V - za gener.} \quad (148)$$

Odmaknimo koficijent u neutralnoj zoni toliko, da ovaj položaj odgovara polovini tereta, onda imamo na puni teret i neopterećeni koficijent isto nepravilno polje, samo što je suprotnog predznaka:

$$e_K = K_B \cdot \frac{p}{a} \cdot A (\psi \cdot \lambda_n + \lambda_{g_0}) \leq 8 \text{ V - za motore} \\ \leq 5 \text{ V - za gener.} \quad (149)$$

Zasićeni siljci polnih stopala i faktor napune ( $\lambda_2$ ) nemaju velikog uticaja na srednju vodljivost poprečnog polja ( $\lambda_{g_0}$ ) u najugodnijoj zoni komutiranja. Što je veći broj  $AZ$  za raspor zuba, siljke polnih stopala, tim polaganije pada krivulja polja izvan stopala.

Postepeno povećanje raspora pod stopalima uzrokuje padanje krivulje polja. Prema tome se mora ovo povećanje raspora kod konstrukcije upotrebliti.

Dalji uslov za dobru komutaciju daje konstantna veličina armature ( $A$ ):

$$A = \frac{p}{a} \cdot \frac{z}{K} \cdot AS \cdot z \cdot v \cdot 10^{-6} \leq 92 \div 95 \quad (150)$$



Zadnja vrijednost - ako je:  $AW_1 + AW_2 \geq Z_p AS$

Dalje vrijedi: I. IV. jedr. 41. /

$$e_s = 2 \cdot A \cdot \psi \cdot \lambda_n \quad (151)$$

odnosno, ako kefica pokriva više lamela I. IV., jedr. 41. a. /

$$e_s' = 1,2 \cdot e_s \quad (152)$$

I. Srednja vrijednost od  $(\lambda_n)$ :  $\lambda_n = 4 \div 6$  Maxwell-a. / Za komu.,  
taciju bee iskara mora biti:

$$e_s \leq 1 \div 3 \text{ V, ito}$$

$e_s = 3,7 \text{ V}$  maks. ako se može pomaknuti kefica razmjerno teretu

$= 2,2 \text{ V}$  dobra komutacija na  $\frac{1}{2}$  tereta, položaj stabilan.

$= 1 \text{ V}$  ako kefica mora ostati u neutralnoj zoni, položaj.

$\leq 1 \text{ V}$  za strojeve niskog napona

Da li polja utora prelazila po mogućnosti jednoliko,  
napravi se

$$\frac{2 \cdot b_n}{\beta_n}, 2 \epsilon_k, \frac{b_n + \epsilon_k \cdot \beta_n}{\beta_n} \text{ — cijeli brojevi} \quad (153)$$

$$t_n \neq b_n \quad (154)$$

ako je  $\kappa_b = \frac{b_b}{\beta} = \frac{\text{širina kefice}}{\text{širina lamela}}$  I. IV. jedr. 20. / onda je napon  
iskrenja:

$$e_f = \kappa_b \cdot e_f' \quad (155)$$

$$e_f' = e_k - e_s < 5 \div 7 \text{ V} \quad (156)$$

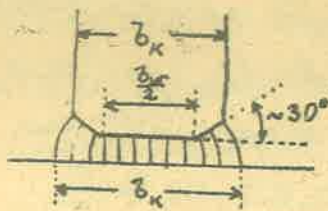
Konačno imademo još napon prelaza ( $e_k$ ), t. j. napon  
među keficom i lamelom. Ako lokalna gustoća struje  
nije na čitavoj površini kefice sruđa jednaka, onda ima  
dono osim napona kefice ( $e_s$ ) još dodatno opadanje  
I. IV - 50. /

$$e_n = e_s + \frac{e_f'^2}{12 \cdot e_s} < 6 \text{ V} \quad (157)$$

Strojevi sa pomoćnim polovima.

Potrebno polje komutacije daje nam jedna  
džera 137 ÷ 139, 147. Ako je jakost struje na svaki  
svornik velika, ili je komutacija iz drugih razloga  
teška, onda se ne isplati načiniti stopala pomoćnih  
polova manja od glavnih polova. Da se dobije polje  
komutacije oblika sličnog polju utora, načinu se  
rubove stopala naginute, na pr. po slici (14). Raspor





Sl. 14.

( $d_w$ ) nesmije biti prevelika /: ako je veći od raspore glavnog pola onda  $\approx 2$  puta veći; da ne bude prevelik pulsacija u obratnom polju. No ( $d_w$ ) opet nesmije biti prevelik; gornja mu je granica: veličina raspore ( $d_w$ ) neka je najviše jednaka polovini širine stopala pomoćnog pola.

Pulsacije se može zapriječiti, ako se 3÷5 mm debeli list iz bakra položi pod stopalo pomoćnog pola. Ovakve su ploče ra komutaciju vrlo povoljne.

Konačno treba još ispitati kako se promijeni napon ( $e_k$ ) kod momentane promjene tereta. Jaka promjena tereta, osobito kratki spoj, može prouzročiti vatru na čitavom obodu kolektora, i to odvrti onda ako stroj radi sa velikim (AS). Navedeni dijelovi željeza u krugu pomoćnog pola prouzročit će vrtložnu struju kod promjene obratnog toka tako, da odgađaju porast polja komutacije - jako ugušujuje. Polje armature ima prilično maleno prigušenje tako, da se ovo polje sa rastućom strujom vrlo brzo promijeni. Prema tome nastane kod n- ili in- kopiranja punog tereta, kod stroja sa masivnim pomoćnim polom i jamnom, srednja EMS među rubovima kofice /: t. j. u kratkospojnim svitcima /: srednje veličine /:  $b_0$  = širina kofice /:

$$e_{k1} \approx \frac{b_0}{\rho} \cdot \frac{p}{a} \cdot \frac{z}{k} \cdot 2 \cdot v \cdot L_k \cdot 10^{-6} \text{ V}, \quad (158)$$

te maksimalne vrijednosti

$$e_{k1 \text{ max}} = \frac{f_s}{f_m} \cdot e_{k1} \quad (159)$$

( $f_s$ ) i ( $f_m$ ) - vidi (III - 13, 3).

Vatra na obodu kolektora počinje kod napona od približno

$$e_{k \text{ max}} = 40 \div 50 \text{ V} \quad (160)$$

ako se želi ovi vatru zapriječiti, nesmije ( $e_{k1}$ ) preko, računati 10 V. Ova napetost neka normalno ne iznaša više od 7,5 V. Kopije je:  $f_m = 40 \div 42$ ;  $f_s = 11 \div 16$ . ( $L_k$ ) se odredi po jednadžbi (188 ÷ 190), odnosno po (198). Da ( $e_{k \text{ max}}$ )



postane maleno, načini se stopala pomoćnih polova iste dužine kao i stopala glavnih polova, te se odabere  $(A, \lambda, \frac{f_s}{f_m})$ , te najkratkije spojimo sritaka  $(S_x)$  ne prevelik. Na velikomavolaku  $(AS)$ , može se napraviti na jezgri glavnih magneta vedući zarez, da se tako smanji poprečni tok, te, dalje, da se krajevi stopala jače magnu. Kod teških pulisih komutacije mora se urediti kompenzacioni namotaj, te eventualno napraviti magnetski krug pomoćnih polova iz lameliranog željeza, radi toga, da li polje komutacije što brže slijedilo polje armature.

### Namotaj pomoćnih polova.

Kada se zna potrebna polje komutacije, te kada se odredilo oblik stopala, ota se pomoćni pol. jezgra pola mora biti mnogo manja nego stopala, koje se radi uvijek jednako dužini armature. Što je kraća jezgra pomoćnog pola, tim je manje rasipanje i više, tu pomoćnog i glavnog pola. Ali kod toga presjek je, gdje nesumnje biti tako male, da dođe kod najvećeg tereta do zasićenja, jer li u tom slučaju stroj veći kod punog tereta radio u pod-komutaciji.

Dužina jezgre uzme se  $\frac{2}{3} \div \frac{3}{4}$  dužine stopala, te se jezgru prema jamu nešto deblje uvede. Oko se načitalo pomoćne polove, ouda se izračuna rasipanje  $\rho$ : vidi III - 13 c/, te se ispita, da li je presjek dovoljan. Tok rasipanja je 3 ÷ 5 puta veći nego korisni tok, koji ulazi u površinu armature.

$$\rho_a = 2w \cdot b_n \cdot L_n \quad (161)$$

$2w$  - dužina - ,  $b_n$  - širina - jezgre.

#### a) strojevi bez kompenzacionog namotaja

Jer znamo potrebni tok u jezgri, i rasipanje, izračunamo indukciju u svakom presjeku pomoćnog pola. Broj AZ za one dijelove pomoćnog toka, koji leže u jamu i jezgri armature, možemo zanemariti, jer u ovim



djelovinu rasiceuje nemije biti to veliko, da li ovi tolovi došli u obzir. Dakle moramo računati se AZ na jezgu pomoćnog pola, na raspos i rube armature. Uvina još mo. namo dodati AZ armature, koji djeluju na pomoćne polove /: vidi jedu. III - 98 ÷ 104: /.

Ako je broj pomoćnih polova jednak broju glavnih polova, onda vrijedi (III - jedu 103), t. j. broj AZ na ras pomoćnih polova je

$$AW_w = 1,1 (z_p \cdot AS + 1,6 \cdot k_{1w} \cdot S_w \cdot L_{2w}) \quad (162)$$

$$L_{2w} = \frac{\phi_w}{\beta_w \cdot \beta_w \cdot z_{pw}} \quad /: \text{III. jedu. 91:} / \quad (163)$$

$(\beta_w)$  = širina,  $(z_{pw})$  = dužina stopala pom. pola.

Stavimo:  $z_p \cdot AS = M_2$ ,  $1,6 \cdot k_{1w} \cdot S_w \cdot L_{2w} = M_{w_0}$ ,  
onda vrijedi:

$$M_w = M_2 + M_{w_0} \quad (164)$$

$$\frac{M_w}{M_2} = \begin{matrix} 1,2 \text{ za} & \text{motore} \\ 1,3 \div 1,5 \text{ za} & \text{generatore} \end{matrix} \quad (165)$$

Po jednadžbi (162) izračunati broj AZ mora odgovarati jednadžbi (165).

Ako stojimo samo polovinu pomoćnih polova, ra. tvori se obratni tok kroz glavne polove. U tom se slučaju mora odabrati dostatna mjera stroja, da ne dođe do prevelikog rasiceuja. No ujeti samo polovicu pomoćnih polova se ne isplati.

Zanemarimo li AZ na željere, moramo onda broj AZ, koje moramo namotati na svaki pol, izračunati po

$$\frac{1}{2} AW_w = \frac{1}{2} \cdot z_p \cdot AS + 0,8 \cdot k_{1w} \cdot S_w \cdot L_{2w} + 0,6 \cdot k_1 \cdot S \cdot L_{2w} \quad (166)$$

3) Strojevi sa kompenzacionim namotajem.

Kod ovih strojeva djeluje kompenzacioni namotaj i namotaj pomoćnih polova punom jakošću na krug pomoćnih polova. Namotaj pomoćnih polova uinj prema tomu mnogo manji broj AZ nego li što mislimo kod strojeva bez kompenzacionog namotaja.

Ako se kompenzacioni namotaj udesi sa potpunu



kompenzaciji poprečnog polja struje armature i računava, njevanje dodatnih gubitaka u ulovima i bakru armature, mora biti kompenzacioni namotaj isten sistem brojem (AS) kao armatura. Broj AZ kompenz. namotaja je onda

$$AW_c = \beta_i \cdot AS, \quad (167)$$

namotaj pomoćnih polova

$$AW_w = 1,1 [(\tau_p - \beta_i) AS + 1,6 \cdot K_{1w} \cdot S_w \cdot L_{2w}] \quad (168)$$

Oko se odobere kompenzacioni namotaj tako, da se osigura povoljna komutacija također za veoma oslobđeno polje glavnih magneta, onda je zgodno da se kompenz. cijoni namotaj načini nešto jači, t.j.

$$AW_c = (\tau_p - \beta_k) \cdot AS. \quad (169)$$

Onda je namotaj pomoćnih polova

$$AW_w = 1,1 (\beta_k \cdot AS + 1,6 \cdot K_{1w} \cdot S_w \cdot L_{2w}) \quad (170)$$

!  $\beta_k$  = širina zone komutiranja !

Kompenzacioni namotaj je najbolje smjestiti u sasvim zatvorene utore polnih stopala. Najviše mjesto mostića utora kompenzacionog namotaja načini se 2 ÷ 3 mm. Dalje je povoljno razmak utora kompenzacionog namotaja napraviti jednak ili dvo, struk kao razmak utora armature.



# Primer

Poredni generator od 100 kW ; 440 Volta ;  $n = 500$  min

Proračun se počne sa jednadžbom (10):  $\frac{D^2 \cdot z \cdot n}{kVA} = \frac{6 \cdot 10^{11}}{d_i \cdot AS \cdot \tau_p}$   
 Mi odaberemo:  $b_i = 9000$  Gauss-a ;  $AS = 245$ ,  $d_i = 0,68$   
 onda je  $\frac{D^2 \cdot z \cdot n}{kVA} = \frac{6 \cdot 10^{11}}{0,68 \cdot 245 \cdot 9000} = 40 \cdot 10^4$ , koja vrijednost  
 skoro tačno odgovara slici (6). Za 100 kW bila bi

struja:  $\frac{100000}{440} \approx 228$  A. Da možemo stroj ra-  
 $\sim 10\%$  opteretiti nominalno strujom od 250 A.

Prema tome je  $kVA = 440 \cdot 250 = 110$ . Onda dobijemo

$$D^2 \cdot z = \frac{40 \cdot 10^4 \cdot 110}{500} = 88 \cdot 10^3$$

Za odabiranje vrijednosti koje padaju skupa  
 izračunamo slijedeću tabelu (V), u kojoj smo  
 odabrali ra(D) različite mjere. Obzirom na  
 jednu (32) je:  $2a = 2$

Tabela (V)

D	z	$2p$	$\tau_p = \frac{\pi D}{2p}$	$b_i = 968 \cdot \tau_p$	$\frac{z}{b_i}$	v	$\frac{I_a}{z a} = i_a$	$\frac{2p}{a}$
50	35,2	6	26,1	17,8	2	13,1	125	6
55	29,1	6	28,8	19,6	1,48	14,4	125	6
60	24,4	6	31,4	21,3	1,14	15,7	125	6
65	20,8	6	34,0	23,1	0,9	17,0	125	6

odabrano

Obzirom na jednu (22) dotu za ovaj stroj u  
 obzir samo promjeri 60 te 65. Mi odaberemo

$D = 60$  cm, prema tome

$$\frac{D^2 \cdot z \cdot n}{kVA} = \frac{60^2 \cdot 25 \cdot 500}{110} = 499 \cdot 10^4$$

što odgovara tačno slici (6)

Proj. žica /: stopova: / slijedi iz jednu (28)

$$z = \frac{\pi \cdot D \cdot AS}{i_a} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 245}{125} \approx 370$$

$$\text{Konst. stroja} = 4,9 \cdot 10^4$$

Proj. stopove moramo tako odabrati da odgo-  
 vare namotaju, a da leži u blizini izračunane  
 vrijednosti 370.



Protabeli II, II-9, je simetrični namotaj za  $p=3$  moguće ravnora  $u_m=2, 4$  i  $8$ . Obzirom na jednu (38) odabere mo

Pokusom dolijemo konačno

$$z=392; \bar{z} = \frac{392}{4} = 98; k=5 = \frac{392}{2} = 196$$

$y_m = \frac{\bar{z}}{2p} - \frac{1}{3} = 16$ ; ukraćivanje:  $\epsilon_m = \frac{1}{3}$  ravnala utora.

Prvi korak napravimo - radi zgodnijeg izlora, ranija-

$$y_1 = y_m u_m + 1 = 16 \cdot 4 + 1 = 65$$

$$y_k = \frac{k-1}{p} = \frac{196-1}{3} = 65$$

$$y_2 = 2y_k - y_1 = 65$$

$(y_k)$  i  $(k)$  nemaju zajedničkog djelitelja;  $(y_1)(y_2)$  su lihi brojevi. Radi promjene broja stakova promijenilo se linearno opterećenje (AS). Ovo je sada

$$AS = \frac{z \cdot i_a}{T \cdot D} = \frac{392 \cdot 125}{188,5} = 251 \text{ A/cm}$$

$$AS = 251 \text{ A/cm}$$

Za kontrolu dosadašnjeg računa računamo konstantu armature (A) i napon lamela po neopterećeni kret (1: jednu. 12, odn. 15:)

$$A = \frac{p}{a} \cdot \frac{z}{k} \cdot z \cdot v \cdot AS \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot 251 \cdot 10^{-6} = 0,591$$

$$E_{d, \max} = \frac{p}{a} \cdot \frac{z}{k} \cdot z \cdot v \cdot L_2 \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot 9000 \cdot 10^{-6} = 21,2 \text{ V}$$

Stroj se drži dovoljenih granica (1: jednu. 19:), kad koje ne dođe u slučaju kratkog spoja u mreži do vatre na kolektor. Konačno kontroli rano još broj nitaka odnosno lamela po jednu (42), odnosno (81):

$$S = k \geq 0,04 \cdot z \cdot \sqrt{i_a} \geq 0,04 \cdot 392 \cdot 11,18 \approx 175 \text{ (1: 196:)}$$

Gustoća struje odabere mo  $4,45 \text{ A/mm}^2$ . Da vidimo nije li ova gustoća možda prevelika uzmemo jednu (46):

$$AS \cdot G_a = 241 \cdot 4,45 = 1117 \text{ Zj u dovoljenoj granici}$$

$$\text{1: Jedn (11): } \frac{AS \cdot G_a}{1+0,1v} < 500 \div 600 \dots \frac{251 \cdot 4,45}{1+4,57} = \frac{1117}{2,57} = 434 \text{ /}$$

$$u_m = 4$$

$$z = 392$$

$$\bar{z} = 98$$

$$k=5 = 196$$

$$\epsilon_m = \frac{1}{3}$$

$$y_m = 16$$

$$y_1 = 65$$

$$y_2 = 65$$

$$y_k = 65$$



Pojedn. (45) je onda  $q_a = \frac{125}{3,95} = 29,1 \text{ mm}^2$

Tok ( $\phi_0$ ) za opterećeni stroj možemo sada igrati činiti. Zamislimo si da je pad napona u armaturi i pomoćnim polovima 3%, onda je za teret potrebna EMS

$$440 + 15 = 455 \text{ V}$$

Prema tome vrijedi:

$$\phi_0 = E_a \cdot \frac{a}{z} \cdot \frac{60}{p \cdot n} \cdot 10^8 = \frac{455 \cdot 1,60}{392 \cdot 3500} \cdot 10^8 = 4,64 \text{ Maxwell}$$

Dakle li indukcija u sraku za opterećeni krug bila

$$L_2 = \frac{\phi_0}{I_2} = \frac{4,64 \cdot 10^6}{25 \cdot 21,3} = 8710 \text{ Gauss}$$

Proj rasporeda za kladuće odaberemo

Prema tome je pojedn. (25) dužina armature

Razmak utora na glav. zuba:  $t_2 = \frac{T \cdot D}{Z_2} = \frac{188,5}{98} = 1,91 \text{ cm}$

Maksimalnu indukciju u zubu uzmimo 22500

Debljina lima / obični dinamo lima: / za  $K_2 = 0,99$

dobrimo

$$z_2 = \frac{t_2 L_2}{K_2 \cdot L_{2, \text{max}}} = \frac{1,91 \cdot 8710}{0,99 \cdot 22500} = 0,82 \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned} m_s &= 3 \\ t_A &= 2,8 \text{ cm} \\ t_1 &= 1,92 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dubina utora odaberemo najprije pojedn. (71)

3,5 cm, onda je razmak utora na dnu

$$t_2 = \frac{T(60-7)}{98} = \frac{1665}{98} = 1,7 \text{ cm}$$

Sirina utora bila li prema tome:  $t_2 - z_2 = 1,7 - 0,82 = 0,88 \text{ cm}$

Uzmemo potebeli III. za izolaciju, rezinost i t.d.

dodatak k lakmu od 4 mm, utaru za totalnu širinu

laka 8,8 - 4 = 4,4 mm t.j. za step 22 mm; pre-

ma tome visina stapa  $\frac{2,2 \cdot 1}{2,2} = 13 \text{ mm}$ . Gola žica bi

bila  $22 \cdot 13 = 28,6 \text{ mm}^2$ , izolirano parunkom

3. 13,8 / izolacija 0,4 mm na svaku stranu /

Tačne mjere:

$$\begin{aligned} \text{gola žica } & 22 \cdot 13 \text{ mm} \\ \text{izolirano } & 3 \cdot 13,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

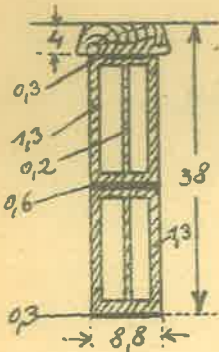
Gustoća struje je konacno:  $\frac{125}{28,6} = 4,4 \text{ A/mm}^2$

Mjere utora i utar prikazuje slika (14).

$$\begin{aligned} q_a &= 28,6 \text{ mm}^2 \\ \sigma_a &= 4,4 \text{ A/mm}^2 \\ b_a &= 0,8 \text{ mm} \\ t_2 &= 3,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

( $L_{2, \text{max}}$ ) računali smo bili sa dubinom od 35 mm





Sl. 14'

prematome litiće ( $L_{2max}$ ) nešto veći; u odnosu na se granicu za indukcijistime ne prelazi.

Konačno slijede još riječi zuba

$$l_2 = \frac{\pi(60-7,6)}{98} = 16,8$$

Na glavi:  $z_1 = 192 - 8,8 = 10,4$  mm

u korenu:  $z_2 = 16,8 - 8,8 = 8,0$  mm

rednje:  $z_{red} = \frac{10,4 + 8,0}{2} = 9,2$  mm

$z_1 = 10,4$  mm

$z_2 = 8,0$  mm

$z_{red} = 9,2$  mm

Magneti sistem

Imali smo:  $\phi_0 = 4,64 \cdot 10^6$  Maxwella. Odabere,

remo za koeficijent rasipanja najprije 1,15, onda je tok u magnetu i jaranu

$v = 1,15$

$\phi_m = v \cdot \phi_0 = 1,15 \cdot 4,64 \cdot 10^6 = 5,34 \cdot 10^6$  Maxwella

Magnete i jaranu napravimo iz lijevanog čelika ( $L_m$ ) odabiremo 14000, što nam daje presjek

$Q_m = \frac{5,34 \cdot 10^6}{14000} = 381$  cm<sup>2</sup>

okoje dužina armature jednaka dužini magneta  $l_m = 28$  cm

$l_m = 28$  cm

$l_4 = l_m = 28$  cm; dolijemo kod pravokutnog presjeka

širina  $b_m = \frac{381}{28} = 13,6$  cm

$b_m = 13,6$  cm

Prema tome je presjek  $13,6 \cdot 28 = 380,8$  cm<sup>2</sup>

$Q_m = 380,8$  cm<sup>2</sup>

$L_m = \frac{5,34 \cdot 10^6}{380,8} = 14000$  Gaussa

$L_m = 14000$  Gaussa

Stopalo

Obzirom na jednu (58,60) urećese stopalo iz lima

$b_i = \alpha_i \cdot T_p = 0,68 \cdot 314 = 21,3$  cm

$b_i = 21,3$  cm

Raspon (S) slijedi iz (93)

$S = 0,5 \cdot \frac{T_p \cdot AS}{L_i} = 0,5 \cdot \frac{314 \cdot 251}{8710} = 945$  mm

Za kontrolu uzmemo jednu (94),  $T_j$ .

$S \geq \frac{1,2 \cdot b_i \cdot AS - AW_2}{1,6 \cdot K_1 \cdot L_2} = \frac{1,2 \cdot 21,3 \cdot 251 - 3040}{1,6 \cdot 1,2 \cdot 8710} \geq 92$  cm

$S = 4,5$  mm

Dalje se provjeravamo (S) može upotrebiti.

Za riješenje zadnje jednačbe po (S) izračunali smo:

$AW_2 = L_2 \cdot a w_{2m} = 2 \cdot 38 \cdot 400 = 3040$  |:sl 14-III|

(K) izračunamo pomoću jednu (III-19)

$K_1 = \frac{t_1}{z_1 + X_S} = \frac{19,2}{10,4 + 4,5 \cdot 1,25} = \frac{19,2}{16,02} = 1,2$

$K_1 = 1,2$



$$v = \frac{z_2 - z_1}{f} = \frac{19,2 - 19,4}{4,5} \approx 2, \text{ sl. III-5 daje } x = 1,25$$

Dužinu stopala ( $l_p$ ) napravimo jednake dužini  $l_p = 28 \text{ cm}$

Jaram.

U jaramu odaberemo indukciju 9500, onda je

$$Q_j = \frac{\Phi_m}{2 \cdot L_j} = \frac{5,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 9500} \approx 281 \text{ cm}^2$$

Dužinu jarma u smjeru osovine uzmemo 42 cm  $l_j = 42 \text{ cm}$

radijalu visinu 6,5 cm  $h_j = 6,5 \text{ cm}$

onda je presjek:  $Q_j = 42 \cdot 6,5 = 273 \text{ cm}^2$   $Q_j = 273 \text{ cm}^2$

te indukcija:  $L_j = \frac{\Phi_m}{2 \cdot Q_j} = \frac{5,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 273} = 9800 \text{ Gauss}$   $L_j = 9800 \text{ Gauss}$

Komutator.

Broj lamela  $K = 196$

$K = 196$

Širinu lamela odaberemo 9,6 mm, debljinu iridacije 0,9 mm

onda je  $\beta = 6 + 0,9 = 6,9 \text{ mm}$

$\beta = 6,9 \text{ mm}$

$$D_K = \frac{196 \cdot 9,69}{\pi} = 43,1 \text{ cm}$$

$D_K = 43,1 \text{ cm}$

Rotna brzina:  $v_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n}{60} = \frac{135,24 \cdot 5000}{6000} = 11,27 \text{ m/s}$   $v_K = 11,27 \text{ m/s}$

Najveći napon između lamela je "ra neoptere",  
bani kret po jedni (41):

$$E_{dKmax} = \frac{z_p \cdot E_a}{z_i \cdot K} = \frac{6 \cdot 455}{968 \cdot 196} = \frac{2730}{133,3} = 20,5 \text{ V}$$

$E_{dKmax} = 20,5 \text{ V}$

Kefice.

Ove odaberemo iz ugljena. Broj svornika napravimo jednak broju polova, t.j. 6. Jačost struje za svaki svornik je

$$\frac{2I_a}{6} = \frac{2 \cdot 250}{6} = 83,3 \approx 84 \text{ A}$$

Odaberemo kefice širine  $b_s = 1,5 \text{ cm}$ , dužine  $b_s = 1,5 \text{ cm}$

$l_s = 2 \text{ cm}$ , onda pokriva kefica  $\frac{b_s}{\beta} = \frac{1,5}{0,69} = 2,17$  lamela  $l_s = 2 \text{ cm}$

Površina doticanja je  $1,5 \cdot 2 = 3 \text{ cm}^2$ . Dovoljna gustoa od  $6 \text{ A/cm}^2$  daje  $\frac{84}{3 \cdot 6} \approx 5$  kefica na

svaki svornik. Imamo pet kefica po  $3 \text{ cm}^2$ , 5 kefica po svorniku

onda je gustoa struje:  $b_K = \frac{84}{3 \cdot 5} = 5,6 \text{ A/cm}^2$   $b_K = 5,6 \text{ A/cm}^2$

Dužina od pet kefica je  $5 \cdot 2 = 10 \text{ cm}$ ; dužinu kolektora uzmemo  $L_K = 13 \text{ cm}$  — ahoto odgovara,  $L_K = 13 \text{ cm}$

na ugrijavanju kolektora, što treba ispitati.

Ploština doticanja svih kefica je:  $F_b = 30 \cdot 3 \text{ cm}^2 = F_b = 90 \text{ cm}^2$



## Proračun ukludenja za neopterećeni kret.

Odaberemo dio polovnog luka konstantnog rasporeda jednak  $945 \cdot \tau_p, \tau_{ij}$ .

$$b = 0,45 \cdot 31,4 \approx 141 \text{ mm}$$

Kao što je bilo već rečeno napravimo šiljke polunih stopala ravne u tangencijalnom smjeru tako, da se postepeno povećava raspor ( $\delta$ ) do  $[(3 \div 4) \cdot \delta]$ .

Radi crtanja magnetnog sistema mora, možo približno odrediti visinu magneta u smjeru osovine magneta, t.j. ( $h_m$ ). Po jednu (104) je

$$AW_K = \frac{1,2 \cdot 2 \cdot i_a}{2 \cdot p} = \frac{1,2 \cdot 392 \cdot 125}{6} \approx 9800.$$

Po jednu (106) :  $h_m = \frac{9800}{1000 \cdot 6 \cdot 1,5} \cdot (6_m)$  uravimo  $1,5 \text{ A/mm}^2$ .

Iz sl. (8) namerno daje struja ukludenja 2% totalne struje, t.j.  $\sim 5 \text{ A}$ , što odgovara presjeku žice  $\sim 3,3 \text{ mm}^2$ , odnosno za golu žicu  $d = 2,06$ , za koju je koef. faktor napune:  $f_K = 0,55$ .

$$h_m = \frac{9800}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,55} = \frac{9800}{825} \approx 12 \text{ cm. Radi irola,}$$

cije dodamo još 1 cm tako, da visina postane dotičnog računa

$$\underline{h_m = 13 \text{ cm}}$$

## Ukludenje neopterećenog kreta.

Za neopterećeni kret je napon  $440 \text{ V}$ , a tok  $\phi = E \cdot \frac{a}{z} \cdot \frac{60}{p \cdot \pi} \cdot 10^8 = \frac{440 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 10^8}{392 \cdot 3 \cdot 500} = 4,5 \cdot 10^6$ , odnosno  $\phi = E \cdot 1,02 \cdot 10^4$

Da dolijemo neopterećenim karakteristikim, odaberemo napone pod i nad  $440 \text{ V}$ , t.j.

100, 200, 300, 400, 450, 500 Volta, te izračunamo za ove napone pojedine veličine. Ove veličine su sadržane u tabeli (VI)

Za indukciju u jezgri armature odaberemo  $12000 \text{ Gauss}$ ; prema tome je efektivni presjek željeza armature

$$Q_a = l \cdot h \cdot K_2 = \frac{\phi}{2 \cdot b_a} = \frac{4,5 \cdot 10^6}{2 \cdot 12000} = 188 \text{ cm}^2$$

visina ( $h$ ) armature bez rubiju:



$$h = \frac{188}{0,9 \cdot 25} = \frac{188}{22,5} = 8,35 \text{ cm} \sim 9 \text{ cm}$$

$$Q_a = 7 \cdot h_a \cdot K_2 = 202,5 \text{ cm}^2$$

$$L_a = \frac{4,5 \cdot 10^6}{2 \cdot 202,5} = 11100 \text{ gausa}$$

$$h_a = 9 \text{ cm}$$

$$Q_a = 202,5 \text{ cm}^2$$

$$L_a = 11100 \text{ g}$$

Nutarnji promjer armature:

$$D_i = D - 2z_2 - 2h = 600 - 76 - 180 = 344 \text{ mm}$$

$$D_i = 34,4 \text{ cm}$$

za idealnu indukciju u rubovima dobijemo jednadžbe:

$$L_{2 \text{ min}} = \frac{t_1 \cdot L_2}{K_2 \cdot z_1} = \frac{19,2}{99,104} \cdot L_2 = 2,05 \cdot L_2$$

$$L_{2 \text{ sred}} = \frac{t_1 \cdot L_2}{K_2 \cdot z_{\text{sred}}} = \frac{19,2}{99,9,2} \cdot L_2 = 2,31 \cdot L_2$$

$$L_{2 \text{ max}} = \frac{t_1 \cdot L_2}{K_2 \cdot z_2} = \frac{19,2}{99,9,0} \cdot L_2 = 2,67 \cdot L_2$$

Da se poslužimo slikom (III-14) treba nam još kvatni faktor ( $K_2$ )

$$K_2 \text{ min} = \frac{L_1 \cdot t_1}{7 \cdot K_2 \cdot z_1} - 1 = \frac{28 \cdot 1,92}{25 \cdot 99,104} - 1 = 1,3$$

$$K_2 \text{ sred} = \frac{L_1 \cdot t_{\text{sred}}}{7 \cdot K_2 \cdot z_{\text{sred}}} - 1 = \frac{28 \cdot 1,80}{25 \cdot 99,992} - 1 = 1,43$$

$$K_2 \text{ max} = \frac{L_1 \cdot t_2}{7 \cdot K_2 \cdot z_2} - 1 = \frac{28 \cdot 1,68}{25 \cdot 99,998} - 1 = 1,62$$

Po jednu (III-48) je koeficijent rasipanja rudi, što:

$$\sigma = 1 + \frac{5d}{b_i \cdot z} \cdot \Sigma \lambda$$

( $\Sigma$ ) slijedi iz jednadžba (III-6), te slike (15).

Pojedine veličine jesu

$$L_j = 50 \text{ cm}$$

$$Q_j = 373 \text{ cm}^2$$

$$L_m = 28,5 \text{ cm}$$

$$Q_m = 380,8 \text{ cm}^2$$

$$L_2 = 7,6 \text{ cm}$$

$$L_a = 25,0 \text{ cm}$$

$$Q_a = 202,5 \text{ cm}^2$$

$$d = 0,45 \text{ cm}$$

$$Q_2 = 533 \text{ cm}^2$$

$$h_m = 13 \text{ cm}$$

$$z = 25 \text{ cm}$$

$$h_j = 6,5 \text{ cm}$$

$$z_m = 28,0 \text{ cm}$$

$$b_m = 13,6 \text{ cm}$$

$$z_1 = 28 \text{ cm}$$

$$b_i = 21,3 \text{ cm}$$

$$z_p = z_w = 28 \text{ cm}$$

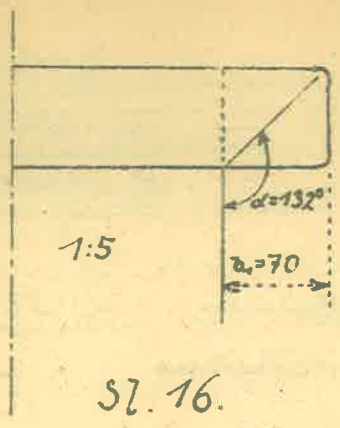
$$z_j = 42 \text{ cm}$$

$$z_k = 18 \text{ cm (odabrano)}$$

$$b_w = 4 \text{ cm} \quad \text{---}$$

$$b_k = 3 \text{ cm} \quad \text{---}$$





$$L_1 = 12,5 \text{ cm}$$

$$L_2 = L_1 + 5 \cdot \pi = 12,5 + 12,6 = 25,1 \text{ cm}$$

$$L_3 = 27,5 \text{ cm}$$

$$L_4 = L_3 + \frac{z_{mm}}{4} \cdot \pi = 27,5 + 9,4 = 37,0 \text{ cm}$$

$$L_5' = 4,0 \text{ cm}$$

$$L_5'' = 8,0 \text{ cm}$$

$$L_5''' = 14,5 \text{ cm}$$

$$F_p = 29,0 \text{ cm}^2$$

$h_3 = 9,0 \text{ cm}$	$a_5' = 4,7 \text{ cm}$	$\left(\frac{a_5' h_3}{L_5}\right)' = 0,425$
$h_5' = 1,0 \text{ cm}$	$a_5'' = 3,0 \text{ cm}$	$( )'' = 1,125$
$h_5'' = 3,0 \text{ cm}$	$a_5''' = 3,0 \text{ cm}$	$( )''' = 1,034$
$h_5''' = 5,0 \text{ cm}$		$\Sigma = 2,584$

$$\sqrt{h_3^2 + b_1^2} = 9,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = \frac{a_1}{0,8} \left( \frac{z_w}{L_1 - b_w} + \frac{z_p - z_w}{L_1} \right) = \frac{15}{0,8} \left[ \frac{28,0}{8,5} \right] = 6,17; \quad \lambda_2 = \frac{F_p}{0,8 L_2} = \frac{29}{20,1} = 1,00$$

$$\lambda_3 = \frac{h_3 \cdot a_3}{\pi \cdot 0,8} \left( \frac{z_k}{L_3 - b_k} + \frac{z_{mm} - z_k}{L_3} \right) = \frac{9,0}{13,0} \cdot \frac{6,6}{0,8} \left( \frac{18,0}{24,5} + \frac{7}{27,5} \right) = 5,43$$

$$\lambda_4 = \frac{h_3 \cdot a_3 \cdot b_{mm}}{0,8 \cdot \pi \cdot L_4} = \frac{9,0 \cdot 6,6 \cdot 12}{0,8 \cdot 13,0 \cdot 37,0} = 1,8; \quad \lambda_5 = \frac{z_{mm} \Sigma}{0,8 \cdot \pi \cdot L_5} = \frac{25,0}{0,8 \cdot 13,0} \cdot 2,584 = 6,20$$

$$\lambda_6 = \frac{b_{mm}}{1,6 \cdot \pi} \cdot \frac{\sqrt{h_3^2 + b_1^2}}{\pi \cdot L_5} \cdot \frac{180}{\alpha} = 2,38 \cdot 0,73 \cdot 1,36 = 2,36$$

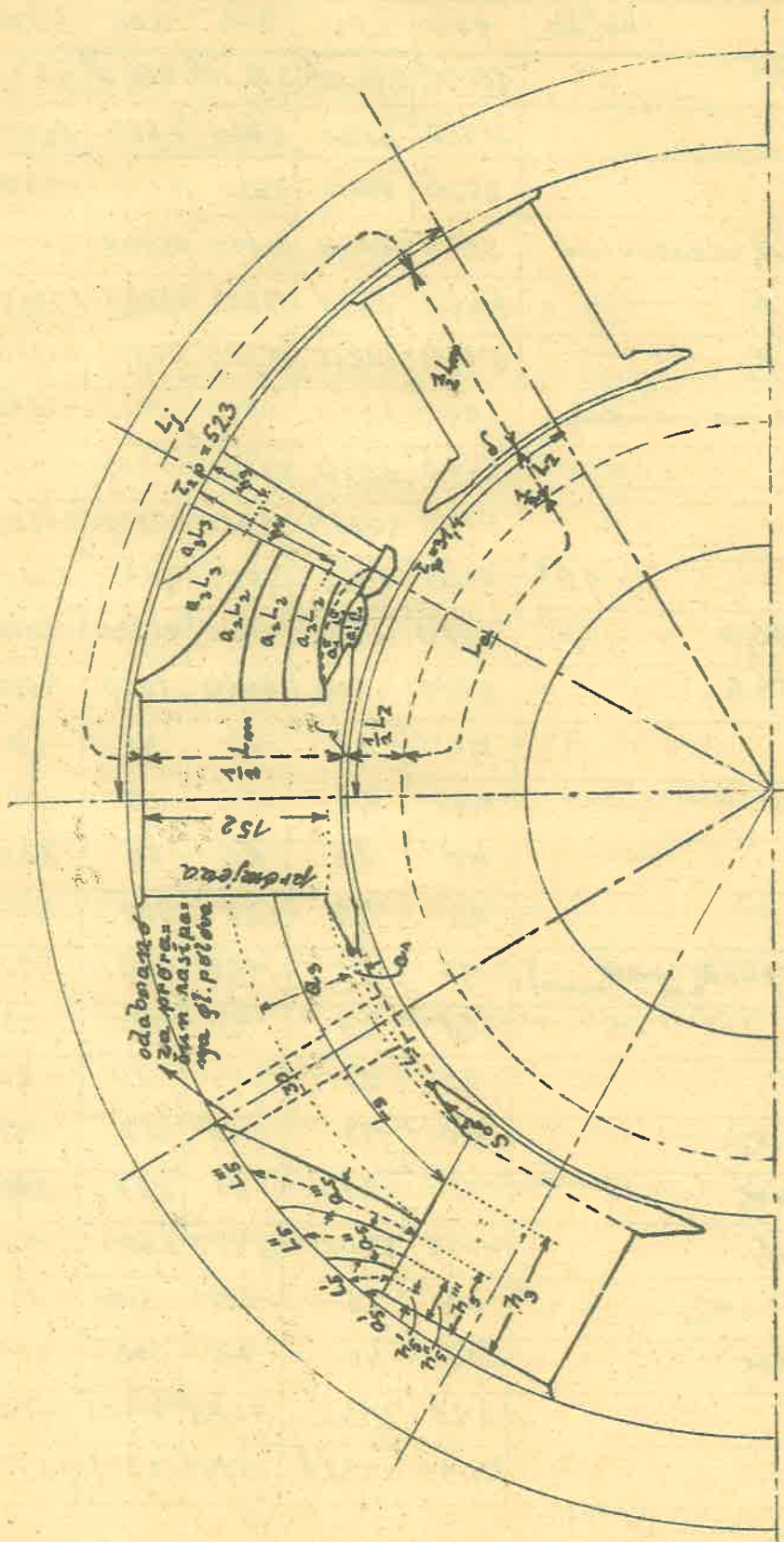
$$\Sigma \lambda = 6,17 + 1,00 + 5,43 + 1,80 + 6,20 + 2,36 = 21,96$$

$$\sigma = 1 + \frac{5 \cdot \sigma}{b_i \cdot 2} \Sigma \lambda = 1 + \frac{2,25}{533} \cdot 21,96 = 1,09. \text{ Odabrali}$$

smo bili  $v = 1,15$ , koji ćemo vrijednost i za  $v = 1,15$  dalje proračun zadržati.

Karakteristiku neopterećenog kreta prikazuje slika (17) (str. 4) i Krivulja (I). Iz ove krivulje vidimo da broj AZ za opterećeni kret, t.j.  $E = 455 \text{ V}$ , 12000 amper-zavoja  $I:AZ:$  za magnetski kug. Jer su koeficijenti neutralnoj zoni moramovrati u obzir samo razmagnjetivirajući učinak poprečnih AZ. Ove amper-zavoje možemo datotnom tačnošću odrediti iz krivulje prelaza - sl. (18) -. Pravac (AC) odgovara indukciji ( $B_z$ ) za opterećeni kret = 8710 Gaussa. Indukciju smo bili računali iz:  $B_z = \frac{\mu_0}{2b_i}$ . Položaj tačke (A) i (C) na pravcu (AC) odaberemo tako, da je  $AC = b_i \cdot AS = 21,3 \cdot 251 = 5346 \text{ AS}$ , te daje (nastavak na str. 49)





S1. 15

12. 15. 1:5



## Tabela VI.

(Izračunavanje neopterećene karakteristike.)

$E =$	Volta	100	200	300	400	450	500
$\phi = E \cdot 1,02 \cdot 10^4$		$1,02 \cdot 10^6$	$2,04 \cdot 10^6$	$3,06 \cdot 10^6$	$4,08 \cdot 10^6$	$4,59 \cdot 10^6$	$5,10 \cdot 10^6$
$L_2 = \phi : 533$		1920	3830	5740	7650	8610	9570
$L_{2a} = \phi : 404$		2520	5040	7560	10070	11330	12590
$L_{2min} = 2,05 \cdot L_2$ idealna ind.		3940	7870	11810	15740	17710	19680
$L_{2red} = 2,31 \cdot L_2$ —" —"		4440	8870	13303	17740	19960	22180
$L_{2max} = 2,67 \cdot L_2$ —" —"		5130	10250	15380	20500	23070	25630
$L_{2min}$ efektivna indukcija		3940	7870	11810	15740	17700	19400
$L_{2red}$ " " "		4440	8870	13303	17700	19500	21100
$L_{2max}$ " " "		5130	10250	15380	19800	21200	22200
$\phi_m = 1,15 \cdot \phi$	$10^6$	1,173	2,346	3,519	4,692	5,278	5,865
$L_m = \phi_m : 380,8$		3080	6160	9240	12320	13860	15400
$L_j = \phi_m : 546$		2150	4300	6450	8600	9670	10750
$aw_a$		0,4	0,5	1,8	3,5	4,7	7,0
$aw_{2min}$		0,45	1,9	5,2	29	80	220
$aw_{2red}$		0,5	2,6	8,5	80	230	690
$aw_{2max}$		0,5	3,9	25	300	750	1400
$aw_2 = (aw_{2min} + 4aw_{2red} + aw_{2max})/6$		0,5	2,7	10,7	110	292	730
$aw_m$		0,8	2,3	4,7	12,5	29	85
$aw_j$		0,2	0,8	1,4	2,0	2,6	3,8
$AW_a = 25 \cdot aw_a$		10	13	45	87	117	175
$AW_2 = 7,6 \cdot aw_2$		4	21	81	836	2220	5548
$AW_L = 0,86 \cdot L_2$		1651	3302	4953	6604	7430	8255
$AW_m = 28,5 \cdot aw_m$		23	66	134	356	826	2423
$AW_j = 50 \cdot aw_j$		10	40	70	100	130	190
$AW_{K0}$		1698	3442	5283	7983	11723	16591
$AW_{L0}$		5094	10326	15449	23949	35169	49773



ploština (AEBA) jednaka ploštini (BCDB). Točka (F) leži u sredini između (A) i (C). (BF) je prema tome jednako broju namagnetišnjakčić AZ pro pol, t.j. 500 pro pol, odnosno 1000 AZ pro magnetski krug. ( $\rho$ ) u cm slijedi iz jedna-  
 džebe  $\frac{500}{251} \approx 2 \text{ cm}$

$$\rho = \frac{500 \text{ AS}}{251} = 2 \text{ cm}$$

Broj AZ za puni teret je prema tome  $AW_K = 12000 + 1000 = 13000 \text{ AZ}$ ; totalni broj svih k-  
 gova

$$AW'_K = 13000$$

$$3 AW_K = 3 \cdot 13000 = 39000 \text{ AZ}$$

$$AW'_E = 39000 \text{ A}$$

Da kontroliramo odabrani koeficijent rasipanja računamo ga za opterećenje po jedu. (III-64):

$$V_b = 1 + \frac{2(AW_1 + AW_2 + AW_3 + AW_4)}{\phi_b} \approx 1 + \frac{2(7510 + 2500 + 130 + 1000)}{4,64 \cdot 10^6} \cdot 22$$

$$V_b = 1,1056$$

U neopterećenju karakteristici -sl. 17- mo, žemo sada citati trokut (QBC). Odn-ovo opada-  
 nje ( $\bar{Q}_b$ ) daje  $\sim 3\%$ , onda je ( $\bar{Q}_b$ ) =  
 $\bar{Q}_b = 0,03 \cdot 440 \approx 13,2 \sim 13 \text{ V}$ ;  $b.e = 2 \cdot p \cdot AS = 1000 \text{ AZ}$ .

AZ za puni teret i 440 V napona dolijemopa, raleluim pomicanjem pravca (cQ) do (c'Q').

Krivulja II prikazuje veru stuje tereta i: deuo mjerilo i/ sa odgovarajućim brojem AZ ( $\bar{Q}_Q$ ).

Za kontrolu ( $AW_K$ ) služi nam jedu. (P7), odnosno (95), koje su potpuno ispunjene. Raspor (8) mogao bi se nešto smanjiti. Zadržimoli dosadanjju vijednost liti ce rasteranje polja maleuo, a komutacija povoljna. —

Uzbuđenje (poredni namostaj)

6 svitaka spojimo u seriju. Presjek sli-  
 jedi iz jedu. (111):

$$g_m = \frac{(1 + 0,004 \cdot T_m) AW_e \cdot l_m}{5700 \cdot u} \quad (1,1 - 1,2)$$

$$(T_m) \text{ metremo } 2 \cdot (28 + 0,2) + 2 \cdot (13,6 + 0,2) + \pi(5,5 + 0,4) = 102,6 \text{ cm}$$

ako si razmislimo visinu namostaja 5,5 cm,

$$l_m = 102,6 \text{ cm}$$

te 2 mm razvaku strouu za izolaciju.

$$h_m = 5,5 \text{ cm}$$



$$T_m \approx 50^\circ\text{C}; AW_z = 39000; U = 440\text{V}$$

$$q_m = 1,2 \cdot 1,2 \frac{3900 \cdot 102,6}{5700 \cdot 440} \approx 2,24$$

Odaberemo  $d/d' = 1,7/2,1$ , onda je presjek

$q_m = 2,27\text{ mm}^2$ . Gustoća ( $\sigma_m$ ) smo bili uveli 1,5;

prema tome je struja:  $1,5 \cdot 2,27 = 3,4\text{ A}$ . Totalni

broj zavoja:  $W_m = \frac{39000}{3,4} = 11400$ , odnosno za

svaki pol:  $\frac{11400}{6} = 1900$ .

Otpor namotaja je

$$\frac{W_m \cdot T_m (140,004 \cdot T_m)}{5700 \cdot q_m} = \frac{11400 \cdot 102,6 \cdot 1,2}{5700 \cdot 2,27} = 108,4\ \Omega$$

$$d/d' = 1,7/2,1$$

$$q_m = 2,27\text{ mm}^2$$

$$\sigma_m = 1,5\text{ A/mm}^2$$

$$W_m = 11400$$

$$W_m = 1900$$

$$R_m = 108,4\ \Omega$$

Maksimalna struja  $\frac{440}{180,4} = 4,06\text{ A}$

" gustoća  $\frac{4,06}{2,27} = 1,79\text{ A}$

" broj  $AW_k = 2 \cdot 1900 \cdot 4,06 = 15428$

ako hoćemo ove rezultate, koji potpuno odgo-  
varaju, pridržati, moramo prostora namo-  
taj ovako računati:

Visini namotaja od 55 mm odgovara  $\frac{55}{2,1} \approx 27$  slojeva.

Za svaki sloj imamo dakle  $1900 : 27 = 70$  žica,

odnosno radijalna visina magneta

$70 \cdot 2,1 = 147\text{ mm} + 5\text{ mm}$  za izolaciju, što daje

152 mm namjesto prije izračunovanih 130 mm.

Radi ovog povećanja povećalo se ( $L_m$ ) i ( $L_j$ );

prema tome i potrebni broj  $AW$ , ali tako ne,

znatno, da ne dolazi u obzir, a to tim više

što imademo <sup>dostatan</sup> rezervu  $1 : 13000 \div 15428 = AW_k$ !

Struja magnetiziranja po neopterećeni

kret je  $1 : 11200\text{ A} \cdot \text{z}$

$$\frac{11200}{3800} = 2,95\text{ A} = I_{0m}$$

$$I_{0m} = 2,95\text{ A}$$

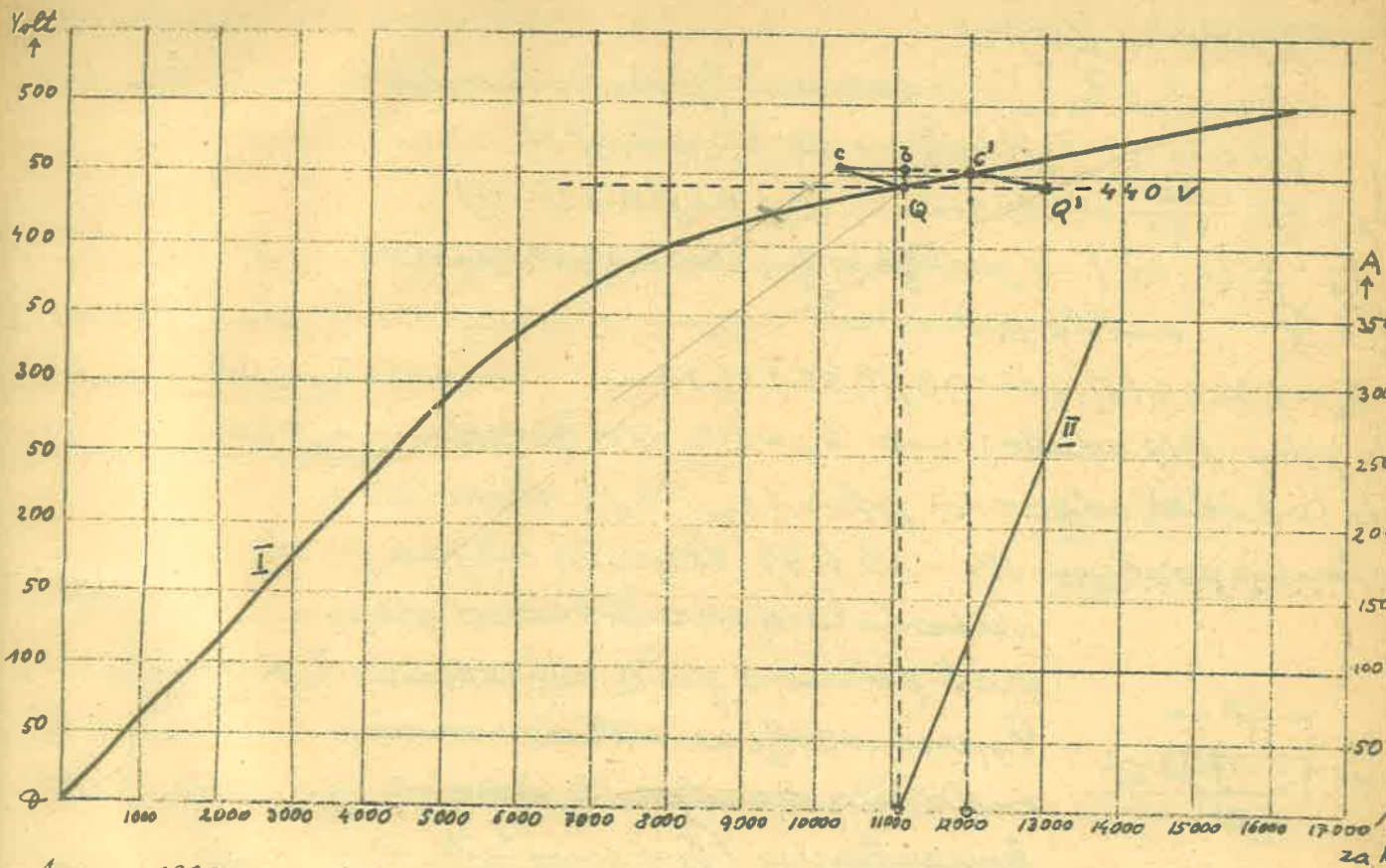
Da se može izjednačiti i pliv promijene

broja tura na napon, napravi se otpor za pred-

hospiranje i regulaciju po jedni 120

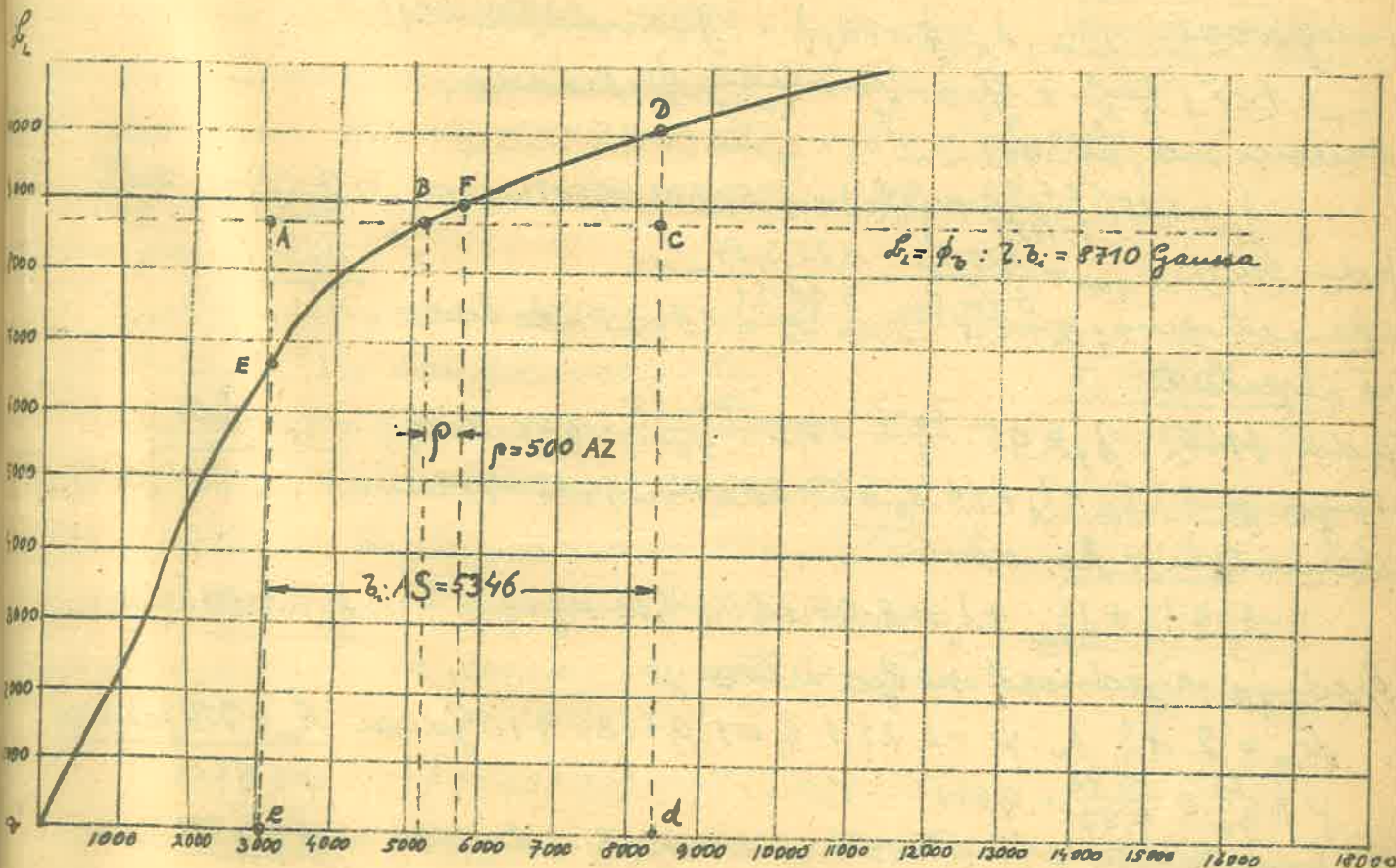
$$R_m = (1,1 \div 1,5) \left( \frac{U}{I_{0m}} - \frac{T_m \cdot W_m}{5700 \cdot q_m} \right) = 1,3 (149,1 - 994) = \underline{R_m = 76\ \Omega}$$





1cm = 1000 AZ

Sl. 17.



1cm = 1000 AZ

Sl. 18

$\rightarrow \frac{1}{2} (AW_1 + AW_2)$



# Komutacija

Trina zone komutiranja je pojedn.

(III-89), odn. (IV-34)

$$\delta_K = t_1 + \delta_n + \left[ \epsilon_K - (1 + \rho_w) \frac{a}{p} \right] \beta_n. \text{ - Ovdje je}$$

$$t_1 = 1,92 \text{ cm}; \quad \delta_n = \delta_0 \frac{D}{2K} = 1,5 \cdot \frac{60}{43,1} = 2,08$$

$$\beta_n = 6,9 \cdot \frac{60}{43,1} = 0,959 \text{ cm}; \quad (\epsilon_K) \text{ pojedn. (II-12)}$$

$$1: \frac{K}{2p} - \frac{1}{2} (K-1) : 1 : \epsilon_K = \frac{1,92}{6} = \frac{1}{2} (65-1) = 32,67 - 32 = 0,67$$

$$\frac{a}{p} = \frac{1}{3}, \text{ dakle je}$$

$$\delta_K = 1,92 + 2,08 [0,67 - 0,3] \cdot 0,959 = 4,33 \text{ cm}$$

$$\delta_K = 4,33 \text{ cm}$$

Pojedn. (90) odaberemo  $\delta_w = 2 \cdot t_1 = 2 \cdot 1,92 = 3,84 \text{ cm}$

$$\delta_w = 3,84 \text{ cm}$$

što također odgovara jedn. ( $\delta_w < \delta_K$ ). Stopalo

rtamo poslici (14) - sl. (19). Stopalo napra,,  
vino iste dužine kao od gla,,

vrih polova, t.j.:  $2w = 2p = 28 \text{ cm}$ .

$$2w = 28 \text{ cm}$$

Poprečno polje armature nemore  
onda nigdje ulakiti u komu  
komutacije, te joj smetati.

Prematame obodu u obzir samo

vodljivosti ( $\lambda_m, \lambda_{kw}$ ) i ( $\lambda_s$ ). Jednadžba (141):

$$\lambda_m = 1,25 \left( \frac{2,5 \cdot A}{3 \cdot n_3} + \frac{n_5}{n_3} + \frac{n_2}{n_8} + \frac{2 \cdot n_6}{n_2 + n_8} + \frac{n_4}{n_1} \right) \text{ dade,}$$

$$\text{obriou na sl. (14):} \quad \lambda_m = 1,25 \left( \frac{2,5 \cdot 1,3}{3 \cdot 9,88} + \frac{9,8}{1,96} \right) = 1,25 (1,23 + 0,41) = 2,05$$

$$\lambda_m = 2,05$$

$$\text{Jedn. (143): } \lambda_{kw} = \frac{1,25 \cdot \delta_w}{4 \cdot \text{du. } K_2} = \frac{1,25 \cdot 3,84}{4 \cdot 4,41} = 1$$

$$\lambda_{kw} = 1$$

akometrems;  $K_1 = 1,1$ , i RA:  $\delta_w = 1,1 \text{ cm}$  što treba  
još ispitati.

$$\text{Jedn. (146): } \lambda_s = 0,5 \cdot \frac{2a - 2}{2} = 0,5 \cdot \frac{77 - 25}{25} = 1,04. \text{ Kod}$$

$$\lambda_s = 1,04$$

$$\text{toga je: } 2a = 2_A + 14 \cdot 2_p + 5 = 28 + 14 \cdot 31,4 + 5 = 77 \text{ cm.}$$

Prematame konačno:

$$\lambda_N = \lambda_m + \lambda_{kw} + \lambda_s = 2,05 + 1,0 + 1,04 = 4,09$$

$$\lambda_m = 4,09$$

prednja vrijednost polja utora je

$$L_m = 2 \cdot AS \cdot \lambda_N \cdot \psi = 2 \cdot 251 \cdot 4,09 \cdot 0,443 = 910 \text{ Gauss} \quad L_m = 910 \text{ Gauss}$$

$$\psi = \frac{t_1}{\delta_K} = \frac{1,92}{4,33} = 0,443$$

$$\psi = 0,443$$

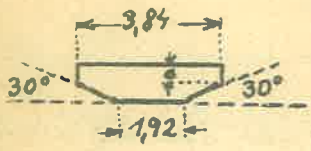
Za konstantu armature smo imali  $A = 0,591$

$$A = 0,591$$

Najugodnije polje komutacije je pojedn. (137)

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N + \frac{2v}{K_0} \cdot \frac{AS}{A} = 910 + \frac{1}{2,174} \cdot \frac{251}{0,591} = 1105 \quad L_K = 1105 \text{ Gauss}$$

$$L_K = 1105 \text{ Gauss}$$



Sl. 19.

1,96  
1,33  
1,09  
1,88  
0,90  
2,90



$$k_b = \frac{z_b}{\beta} = \frac{1,5}{0,69} = 2,174 ; e_b = 1 V$$

Za komutaciju u tangenti treba nam poje  
komutacije po jednu (138)  $1:2.e_b V$ !

$$\frac{L_{Ktg}}{L} = 1300 \text{ Gauss}$$

Iz veličine ovih indukcija vidimo, da li  
stroj dobro komutira također bez pomoćnih  
polova.

Da ispitamo komutaciju računamo po  
jedn. (158) ( $e_{K1}$ ), inducirani napon kod iska-  
njanja punog tereta:

$$e_{K1} = \frac{z_b}{\beta} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{z}{k} \cdot 2 \cdot v \cdot L_k \cdot 10^{-6} V =$$

$$= 2,174 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot 1105 \cdot 10^{-6} = 5,6 V$$

$$e_{K1} = 5,6 V$$

$$e_{K1max} = \frac{f_s}{f_m} \cdot e_{K1} = \frac{1,69}{1,22} \cdot 5,6 = 7,76 V$$

$$e_{K1max} = 7,76 V$$

Stroj je siguran od kratkog spoja, i može  
preneti jak udarac struje, a da ne dođe do  
iskrenja u duž komutatora.

Potrebni broj AZ slijedi iz jedn. (162)

$$AW_w = 1,1 (T_p \cdot AS + 1,6 \cdot K_w \cdot S_w \cdot L_k) = \text{(za par polova)}$$

$$= 1,1 (31,4 \cdot 251 + 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1105) = 11022 AZ$$

$$A_w = 11022 AZ$$

$$\text{Broj ravoja propol: } \frac{11022}{2 \cdot I_a} = \frac{11022}{2 \cdot 250} = 22 \text{ ravoja}$$

$$\frac{11022 AZ}{22 \text{ ravoja propol}}$$

Da vidimo da li smo odabrali pravilno ( $S_w$ )

$$\text{tražimo: } \frac{11022}{2} = T_p \cdot AS = 7881; \frac{11022}{2} = 1,6 \cdot K_w \cdot S_w \cdot L_k = 2139$$

$$\frac{11022}{2} = \frac{7881 + 2139}{7881} = 1,27 \text{ što punično dobro odgo-}$$

vara jedn. (165).

Gustoću struje odaberemo po istim pravilima,  
kao što vrijedi za serijski namotaj...

$$j_w = 1,7 A/mm^2$$

$$\text{Presjek: } q_w = \frac{250}{1,7} = 147 mm^2 = 5 \cdot 30$$

$$q_w = 150 mm^2 =$$

Dalje odaberemo dužinu jezgre:  $0,7 \cdot z_w =$   
 $= 0,7 \cdot 28 = 20 cm$ , te uzmemo da širina <sup>jezgre</sup> raste  
od stopala  $l = 3 cm$  / do jama  $l = 4,5 cm$ , onda  
je srednja dužina jednog ravoja  $l$ : motan  
na visoki: ..... :!

$$= 5 \cdot 30 mm$$

$$l_k = 20 cm$$

$$z_{wk} = 3 \div 4,5 cm$$

$$l_{wm} = 2(3,75 + 0,3) + 2(20 + 0,3) + \pi(1,5 + 0,5) = 55 cm$$

$$\text{Totalna suma ravoja: } 6 \cdot 22 = 132; \text{ totalna}$$

$$\text{dužina: } 132 \cdot 0,55 + 2 \cdot \text{za spoj: } l = \sim 75 cm.$$

$$\text{Otpor u toplom stanju: } l \cdot T_m = 50^\circ C :!$$



$$R_w = \frac{(1 + 0,004 \cdot T_m) \cdot 75}{57 \cdot 150} = \frac{1,2 \cdot 75}{57 \cdot 150} = 0,01052 \Omega \quad R_w = 0,01052 \Omega$$

Uz jednu (III-106-110) dobijemo sljedeće to,,  
kovera pomoćne polove:

$$(\phi_{w_1}) \text{ koji ulazi u armaturu} = b_w \cdot z_w \cdot L_k =$$

$$= 4,28 \cdot 1105 = 123760 \text{ Maxwella}$$

$$(2\phi_{w_1}) \text{ pojedn. (III-106)} = \left[ \frac{a_1'(z_w + b_w + b_p)}{1,6 \cdot L_1'} + \frac{a_2''(z_w - z_k)}{0,8 \cdot L_1''} \right] AW_w =$$

$$= \left[ \frac{1,2(28+4+28)}{1,6 \cdot 3,5} + \frac{1,5(28-18)}{0,8 \cdot 7,5} \right] \cdot 11022 = [12,84 + 2,5] \cdot 11022 = 169100 \text{ Maxe.}$$

$$(2\phi_{w_2}) = \text{pojedn. (III-108)} = \frac{z_k + b_k + z_m}{1,6 \cdot h_k} \cdot \sum \frac{h_2 \cdot a_2}{L_2} \cdot AW_w =$$

$$= \frac{18+3,2+28}{1,6 \cdot 13,5} \cdot 6 \cdot 11022 = 147500 \text{ Maxwella}$$

$$(2\phi_{w_3}) = \text{pojedn. (III-110)} = \frac{z_k + b_k + b_j}{1,6 \cdot h_k} \cdot \sum \frac{h_2 \cdot a_2}{L_3} \cdot AW_w =$$

$$= \frac{18+3,75+28}{1,6 \cdot 13,5} \cdot 4 \cdot 11022 = 100000 \text{ Maxwella}$$

(za  $b_j$ ) uveli smo 28cm!

Maksimalni koeficijent rasipanja je  
pojedn. (III-114):

$$V_w = 1 + \frac{2\phi_{w_1} + 2\phi_{w_2} + 2\phi_{w_3}}{\phi_{w_1}} = 1 + \frac{169100 + 147500 + 100000}{123760} \approx 3,6 \quad V_w = 3,6$$

Na donjem kraju pomoćnog pola je indukcija  
u jezgri

$$L_{wm}' = \frac{\phi_{w_1} + 2\phi_{w_1}}{b_k' \cdot z_k} = \frac{123760 + 169100}{3 \cdot 18} \approx 5500 \text{ Gaussa}$$

Na gornjem kraju

$$L_{wm}'' = \frac{\phi_{w_1} + 2\phi_{w_1} + 2\phi_{w_2} + 2\phi_{w_3}}{b_k'' \cdot z_k} = \frac{540360}{81} = 6700 \text{ Gaussa}$$

U jaramu ulazi tok pomoćnog pola

$$\phi_{wm} = \phi_{w_1} + 2\phi_{w_1} + 2\phi_{w_2} + 2\phi_{w_3} = 540400 \text{ Maxwella}$$

Tok glavnog pola je kod opterećenja  $5,34 \cdot 10^6$

U jaramu idu ovi tokovi skupa tako, da imamo  
u jednoj polovici jarna tok

$$\frac{1}{2} (5,34 + 0,5404) \cdot 10^6 = 2,9402 \cdot 10^6$$

$$L_j' = \frac{2,9402 \cdot 10^6}{273} \approx 10800 \text{ Gaussa,}$$

a u drugoj polovici jarna imamo tok

$$\frac{1}{2} (5,34 - 0,5404) \cdot 10^6 = 2,3998 \cdot 10^6,$$

$$L_j'' = \frac{2,3998 \cdot 10^6}{273} = 8800 \text{ Gaussa.}$$

Uz ovih indukcija, te iz indukcije u po,,  
moćnom polu vidimo, da stroj komutira



besprihorno kod preopterećenja daleko nad 50%.  
 Takvelika sigurnost nije potrebna, jer se je ne isko-  
 nisti. Stoga bi bilo zgodno umanjiti nešto dužinu  
 $(L_k)$ , te tako pristediti na bakru. Isto tako bi mo-  
 želi povećati nešto indukciju u jarnu, pri  
 čemu bi se pristedito na željezu. Račun, što  
 smo ga do sada napravili, čini temelj kon-  
 strukcije. Iz ovog prvog računa vidi se, kojese  
 veličine mora umanjiti ili povećati, da se stroj  
 do kraja iskoristi. Ove se promjene prepromie  
 načiniti podovišenom proračunom topline, jer  
 se tek nakon njega može pravilno prosuditi  
 gdje su promjene - osim do sada navedenih -  
 još potrebne, odnosno gdje su one moguće  
 i korisne. - Proračun toplino slijedi:

### Gubitci u armaturi

$$\text{Broj perijoda frekvencija je: } \nu = \frac{p \cdot n}{60} = \frac{3 \cdot 500}{60} = \underline{\underline{\nu = 25}}$$

Poslici  $V_1 - 3$  je za  $\nu = 25$ , te debljinu lima

$$\Delta = 0,5 \text{ mm}$$

za indukciju $L_a = 11400$	gubitak	1,75	W/kg	
$L_{2,1} = 17800$		4,2	"	! interp.!
$L_2 = 23100$		7,2	"	
$L_{2,1} = 20000$		5,5	"	

Gubitak u rulu je dakle  $\frac{4,2 + 22 + 7,2}{6} = 5,23 \text{ W/kg}$

Težina jezgre armature je po jednu ( $V_1 - 3$ )

$$G_a = \pi (60 - 7,6 - 9) \cdot 99 \cdot 9 \cdot 25 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 215 \text{ kg}$$

$$\underline{\underline{G_a = 215 \text{ kg}}}$$

Težina ruliji po jednu ( $V_1 - 4$ )

$$G_2 = 98 \cdot 99 \cdot 0,92 \cdot 3,8 \cdot 25 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 60,5 \text{ kg}$$

$$\underline{\underline{G_2 = 60,5 \text{ kg}}}$$

Prema tome - po jednu ( $V_1 - 6$ ) -

$$N_{hw} = 1,5 [215 \cdot 1,75 + 60,5 \cdot 5,23] = 1040 \text{ W}$$

$$\underline{\underline{N_{hw} = 1040 \text{ W}}}$$

Gubitak uslijed toplino u armaturi:

po jednu ( $V_1 - 7,8$ ) je otpor armature: ! temp = 40°C.!

$$Z_a = 28 + 14 \cdot 31,4 + 5 = 0,77 \text{ m}$$

$$R_a = \frac{Z}{4a^2} \cdot \frac{Z_a (1 + 0,004 \cdot T_a)}{5700 \cdot g_a} = \frac{392}{4} \cdot \frac{77 \cdot 1,16}{5700 \cdot 28,6} = 0,0537 \Omega$$

$$\underline{\underline{R_a = 0,0537 \Omega}}$$



Gubitak napona:  $0,0537 \cdot 250 = 13,4 \text{ V}$

Toplina:  $I_a^2 \cdot R_a = 250 \cdot 13,4 = 3350 \text{ W}$

$$I_a R_a = 13,4 \text{ V}$$

$$I_a^2 R_a = 3350 \text{ W}$$

### Gubici u magnetima

Pomoćni polovi: otpor:  $0,01052 \Omega$

Gubitak napona:  $250 \cdot 0,01052 = 2,63 \text{ V}$

Toplina:  $I_a^2 \cdot R_w = 250 \cdot 2,63 = 658 \text{ W}$

$$I_a R_w = 2,63 \text{ V}$$

$$I_a^2 R_w = 658 \text{ W}$$

Toplina u prednom namotaju:  $I_m = 3,5 \text{ A}$

za puni teret  $\downarrow$ :

$$I_m^2 \cdot R_m = 3,5^2 \cdot 108,4 = 1328 \text{ W}$$

$$I_m^2 R_m = 1328 \text{ W}$$

U prednom sklopu totalni:  $400 \cdot 3,5 =$

$$N_m = 1540 \text{ W}$$

### Gubitak u komutatoru

Računa se po jednu. ( $\bar{V}$  - 16 ÷ 18). Za srednje turdi ugljen:  $\Delta U = 1 \text{ V}$

( $r_u$ ) stavimo 1,3, prema tome

$$N_u = I_a^2 \cdot R_a = 2 \cdot I_a \cdot r_u = 500 \cdot 1,3 = 650 \text{ W}$$

$$N_b = 9,81 \cdot 0,227 \cdot 6 \cdot 15 \cdot 0,25 \cdot 11,27 = 336 \text{ W}$$

$$N_K = 650 + 336 = 986 \text{ W}$$

$$N_K = 986 \text{ W}$$

### Gubitak u ležaju

- po jednu. ( $V_1 - 20$ ) 1,5% predanog korisnog djelovanja /: uključivo ventilaciju, it.d. /

$$N_m = 1500 \text{ W}$$

Totalni gubici su prema tome

$$1040 + 3350 + 658 + 1540 + 986 + 1500 = 9074 \text{ W}$$

$$N_e = 9074 \text{ W}$$

Stepen djelovanja za puni teret:

$$\eta' = \frac{100000}{109074} = 91,7\%$$

$$\eta' = 91,7\%$$

Ugrijavanje:

armatura: jednu  $25,26 - V_1$