

M. Plohl /St./

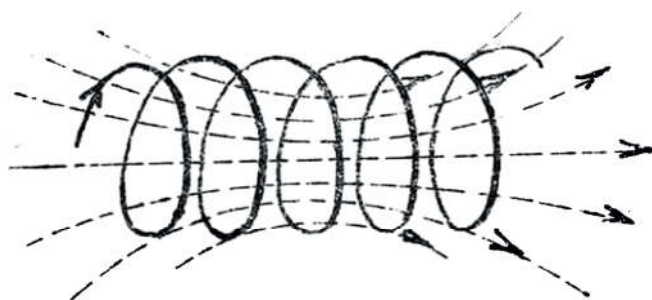
JAKA STRUJA I.

Zagreb, 1927

M. Plohl.

Jaka struja I:

Izrazak I.



Izdaje: Udruženje slušača teh. fakulteta
u
Zagrebu 1927.

1. Magnetično polje.

Po Coulomb-ovom zakonu djeluje magnetične mase jedna na drugu silom, koja je proporcionalna produktu magnetičnih masa i obrnuto proporcionalna kvadratu međusobne udaljenosti.

Onačimo li sa P silu, m_1 i m_2 magnetične mase, r međusobnu udaljenost, onda glasi Coulbov zakon:

$$P = \pm \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

Ako su magnetične mase međusobno jednake, onda je:

$$P = \pm \frac{m^2}{r^2}$$

Jakost m pola zovemo silu, kojom djeluje pol na pol jedinice jakosti u jedinici udaljenosti. Udaljenost mjerimo u cm, a silu u dinima.

Pol jedinice jakosti je pol, koji djeluje na isto takovu masu u udaljenosti jednoga cm silom jednoga dina. To je: Weber.

Ima li magnet jakost pola: m , i dužinu (udaljenost polova): l , zove se produkt: $m \cdot l$ magnetički momenat magneta:

$$M = m \cdot l \quad (2)$$

Tehnika ne radi sa magnetičnim točkama, ma, ona računa sa poljem. Okolinu magneta, unutar koje se zamjećuje djelovanje magneta na magnetični pol zovemo magnetično polje. Silu, kojom djeluje magnetično polje na jedinicu

polu zovemo: intenzitet ili jakost polja na dotičnom mjestu.

U magnetskom polju moramo promatrati dvije pojave, i to:

- 1) Učinak sile
- 2) Učinak indukcije.

Silovite i rade indukcije nisu jedan te isti pojam. Gibanje li točkovi pol u magnetskom polju, moramo vršiti radnja. Tomu polju pripadajući pol protivnog predznaka zamislimo si toliko daleko, da nema učinka u promatranom prostoru. Radnja je pozitivna ako mičemo pol proti jakosti polja, negativna, ako je gibanje u smjeru jakosti. Radnja je neovisna o obliku puta, nego samo o početnoj i krajnjoj točki puta. Kaduž zatvorene krivulje mora radnja biti jednaka nuli. Radnju možemo smatrati kao produkt dviju faktora, od kojih je jedan sila, a drugi izvršeni put u ili protiv smjera sile. Ako je gibanje bilo okomito na smjer sile, onda je jedan faktor t. j. sila jednaka nuli, te prema tome i produkt, radnja jednaka nuli.

Kod micanja potrebna radnja, koju smo trošili sakuplja se kao magnetska energija, koja se opet u potpunom iznosu pretvori u energiju gibanja, ako se magnetski pol vrati u početnu točku.

Potrebnu radnju za prenos pozitivne jedinice polja iz beskonačnosti prema jednoj točki polja zovemo potencijalom ove točke. Točke jednakog potencijala tvore niveau-plohu. Njihova je osobina to, da se kod gibanja točkova polja po niveau-plohi ne troši i ne dobiva nikakova radnja. Iz toga slijedi, da magnetsko polje može imati samo okomiti smjer na niveau-plohu.

U definiciji potencijala točke polja slijedi definicija potencijalne diferencije ili magnetske napetosti dviju točaka magnetskog polja. To je dakle radnja, koju se troši kod gibanja jedinice pola od jedne točke do druge.

Produkt sile puta put je radnja. Radi, želimo li radnju, koju treba trošiti na diferenciju puta protiv smjera sile, sa tim putem, dobimo kao rezultat postojeću silu, ili magnetsku napetost za jedinicu dužine, koja je jednaka intenzitetu ili jakosti magnetskog polja. Intenzitetu ćemo označivati sa: " J ".

Intenzitetu možemo mjeriti silom na jedinicu pola, kako smo već spomenuli. Najjednostavnije se odredi intenziteta pomoću titranja male magnetske igle sa poznatim momentom: M .

Jedinicu intenziteta ima ono polje, koje djeluje na jedinicu pola silom od jednog dina. Mjera je dakle ^{Dyn/weber}. Djeluje li polje na pol m silom P dina, onda je intenziteta polja:

$$J = \frac{P}{m} \text{ dina} \quad (3)$$

U intenziteta polja slijedi magnetska napetost ili radnja za ^{magnetske} jedinice pola. Potencijalna diferencija dviju točaka, čija je međusobna udaljenost: l , u homogenom magnetnom polju jeste: Jl [l u cm].



Sl. 1

- Slika br. 1. - U prostoru, kojeg predstavlja naša slika, vlada između pojedinih točaka potencijalna diferencija. Posljedica ove diferencije jeste određena

magnetska indukcija.

Za jedinicu indukcije B ili gustoće odabira, na je samovoljno indukcija u udaljenosti 1 cm od jedinice: 1 Gauss.

Indukcija ima slično kao i sila određeni smjer u prostoru. Ako se hoće sastaviti indukcije različiti, tih polova na jednom mjestu polja, mora se ih geometrično sumirati. Indukcija i sila su istosmjernne osim u kristalima. Smjer indukcije lako se prikaže na poznati način željeznim pilotinama. Linije indukcije su krivulje, čije tangente dadu u svakoj točki smjer indukcije.

Produkt površine i na površinu okomite komponente indukcije zovemo tok indukcije kroz površinu Φ . Jedinica toka je tok kroz 1 cm^2 kod okomite indukcije 1 Gauss na površinu. - Maxwell. -

Ako je površina $F \text{ cm}^2$, a na tu površinu okomita indukcija B Gaussa, onda imamo tok:

$$\Phi = B \cdot F \quad \text{Maxwella.} \quad (4)$$

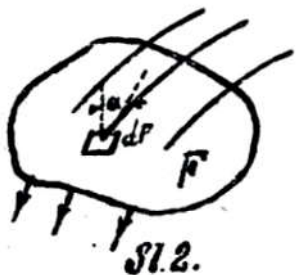
Tvori li indukcija u homogenom magnetskom polju sa okomicom na površinu kut α , onda je na površinu okomita komponenta $B \cos \alpha$, pa je tok

$$\Phi = B \cos \alpha \cdot F \quad \text{Maxwella} \quad (5)$$

Imademo li koju god zavinutu površinu u nejednolikom magnetnom polju, to onda promatramo element površine dF , te integriramo preko cijele površine.

ne. - slika 2. - Označimo li sa α kut indukcije i okomice na površinu dF , onda je tok kroz element površine dF jednak

$$d\Phi = B \cos \alpha \, dF \quad \text{Maxwella,}$$



a cijeli tok

$$\Phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{F} \text{ kroz karmella} \quad (6)$$

Φ je jedinstavna brojna vrijednost, koja nema smjera u prostoru. Želimo li dakle sastaviti različite tokove, treba ih algebarski sumirati.

Zamislimo si magnetsko polje razdijeljeno u sistem cijevi kojega god presjeka tako, da je plašt istosmjernan indukciji, to dobimo cijevi indukcije. Karakteristično je svojstvo tih cijevi, da je tok kroz svaki dio plašta jednak nuli. Nadalje je (a to pokazuje pokus!) tok kroz svaki presjek jedne cijevi isti makar cijev prolazi različite medije: npr. zrak, željezo itd. Smisli li taj tok 1 Maxwell, onda imamo jedinicu cijevi.

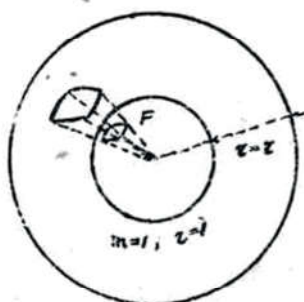
Prostor, kojega prodire tok nije fizikalna veličina, nego pomoćni pojam, kojim se lakko radi. Kod toga pomoćnog pojma nema nikakvog gibanja; kada se govori o toku misli se uvijek na gibanje — nego stanje mirovanja, na koje se ne troši radnja.

Osobito je svojstvo toka njegova konstantnost kod prelaza kroz različite medije. Ako umemmo namjesto toka indukcije tok plošta, to imamo tok, koji se kod prolaska kroz različite medije promijeni. Tok dakle intenzitete imade također i drugih izvora, dok tok indukcije drugih izvora nema. U tome se sastoji bitna razlika između pojma indukcije i intenzitete.

Uz toga slijedi: mi si moramo predočiti, da indukcija izvire kod sjevernog pola, prodire kroz polje, ponire kod južnog pola, da se nastavi unutar magneta bez izvora od južnog do sjevernog pola, tako da su sve indukcije zatvorene

krivulje

Postavimo si jedinicu magnetizma $m = 1$ Weber kao središte kugle polumjera $r = 1$ cm. - slika 3. - Na



Slika 3.

oplošju kugle ograničimo površinu F . Indukcija je na toj površini 1 Gauss. Ako povučemo sve linije indukcije duž konstantne površine F , dobijemo cijelu indukciju. Tok indukcije, koji puni ovu

cijev, prodire na oplošju kugle sa radijem 1 cm površinu 4π puta veću nego F . Iz toga slijedi: Indukcija točkovaog pola su obratno razmjernu kvadratu udaljenosti od pola. Oplošje kugle polumjera r jeste $4\pi r^2$, indukcija $\frac{1}{r^2}$ Gausa. Dakle je prema tome tok indukcije kroz oplošje:

$$\Phi = 4\pi r^2 \cdot \frac{1}{r^2} = 4\pi \text{ Maxwella.} \quad (7)$$

To je također tok kroz kojegod površinu, koja opkoljuje jedinicu magnetnog pola: $\Phi = 4\pi$ Maxwella. Za pol jakosti m vrijedi:

$$\Phi = 4\pi m \text{ Maxwella} \quad (8)$$

Jednadžba 8. tvori zakon Gauss- i Greena: Čitavi tok koji god zatvorenu površinu F prodirući tok Φ jednak je 4π puta suma svih magnetskih masa, koje se nalaze u unutrašnjosti ove površine.

$$\oint_F \mathbf{H} \cdot d\mathbf{F} = \Phi = 4\pi \cdot \Sigma(m) \quad (9)$$

Indukcija i intenziteta polja su istosmjernu crte, koje padaju zajedno. Za ove crte možemo u svakom upotrebiti zajednički izraz: crte polja.

U udaljenosti 1 cm od jedinice (polja) pola imademo induktivitetu 1 Gausser. Na istom je mjestu indukcija 1 Gauss. Induktivitet i indukcija su dakle u zraku i numerično jednake. Ali nikada po pojmu.

Potencijal u udaljenosti r cm od pola defini-
ra radu, koja treba trošiti za prenos pozitivne je-
dinice pola iz beskonačnosti do dotične točke magne-
tičnog pola. U udaljenosti r cm od jedinice pola je
indukcija i intenziteta polja $\frac{1}{r^2}$, od pola m
 $\frac{m}{r^2}$. Prema tome imamo potencijal:

$$U = \int_{\infty}^r \frac{m}{r^2} dr = \int_{\infty}^r \frac{m}{r^2} dr = \frac{m}{r} \text{ Erg} \quad (10)$$

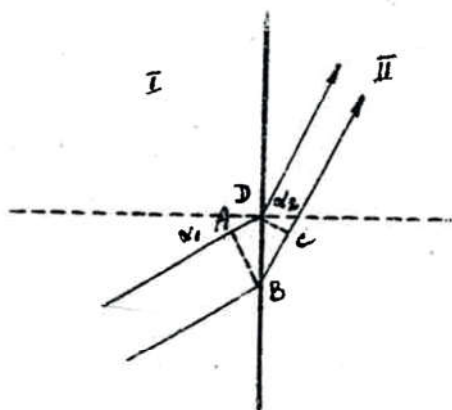
Ako su polovi jednake jakosti, ali protivnog
predznaka, onda je potencijal točke u udaljenosti
 r_1 cm od jednoga, r_2 cm od drugoga pola:

$$U = \frac{m}{r_1} - \frac{m}{r_2} \text{ Erg} \quad (11)$$

Spomenuli smo, da nemaju crte indukcije ni
početne ni krajne točke. Njihovo je polje bez izvora.
Prema tome moraju okomite komponente indukcije
neprekidno prelaziti iz jedne tvari u drugu.

Onačimo li okomite komponente sa L_{n1} te L_{n2} ,
onda vrijedi za prelaz iz jedne tvari u drugu.

$$L_{n1} = L_{n2} \quad (12)$$



Sl. 4

U slici 4. mora biti:

$$AB \cdot L_1 = CD \cdot L_2$$

$$AB = BD \cos \alpha_1 \quad CD = BD \cos \alpha_2$$

$$L_1 \cos \alpha_1 = L_2 \cos \alpha_2$$

$$L_{n1} = L_{n2}$$

Izračunamo li raduju, koju moramo trošiti kod gibanja po, la jedinice jakosti između točaka granične ploštine, dobijemo istu vrijednost ako umemo tangencijalnu komponentu intenzitete jedne ili druge tvari, jer jedna točka može imati samo jedan potencijal. Tangenci, jalne komponente su dakle međusobno jednake t.j:

$$J_1 \sin \alpha_1 = J_2 \sin \alpha_2 \quad (13)$$

Stavimo li: $\frac{J_2}{J_1} = \mu_1$ te $\frac{J_2}{J_2} = \mu_2$ dobimo:

$$\frac{J_2 \sin \alpha_1}{J_1 \cos \alpha_1} = \frac{J_2 \sin \alpha_2}{J_2 \cos \alpha_2} = \frac{1}{\mu_1} \tan \alpha_1 = \frac{1}{\mu_2} \tan \alpha_2$$

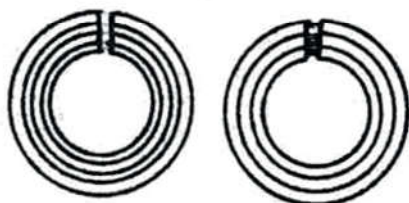
ili $\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \quad (14)$

" μ " je permeabiliteta ili magnetsko propuštanje (Vidi malo Raspr. pod 3.) Jer permeabilitet željeza mnogo veći nego permeabilitet zraka, nase crte int polja iz zraka u željezo skoro okomito na površi, nu. Površina željeza tvori na praktične svrhe nivoan-plohu.

Okomita komponenta intenzitete ili jakosti polja mora na ploštinu rastavljanja skočiti od jedne vrijednosti na drugu.

$$J_{2n} = J_{2n} \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1} \quad (15)$$

Za željezni kolut sa rasporom prikazuje nam slika 5. prelaz cijevi indukcije, a slika 6. cijevi intenzitete.



525

526

2.) Elektromagnetizam.



Svaka električna struja proizvada magnetični tok, koji je spojen sa strujom /elektromagnetički spoj/ ili El. magn. Verketung /Ov. nači li $\vec{F}$ od struje op. kojomu ploštinu - skika 7.- prolaze sve magnetne crte

KK kroz ovu ploštinu, prema tome su spojene sa strujom.

$$\Phi = \int_S \vec{B}_n d\vec{F} \quad (16)$$

gdje je : $\vec{B}_n$ - okomita komponenta na ploštinu $\vec{F}$, a $d\vec{F}$ element ploštine $\vec{F}$.

Svakome smjeru struje pripada određeni smjer magnetičnih crta, a taj se smjer može odrediti po različitim pravilima.

a.) Zamislamo si vadičep, kojega zavijamo u smjeru struje, onda nam daje smjer okretanja vadičepa smjer magnetičnih crta.

Obrotno pripada od struje proizvedenim magnetnim crtama određeni smjer struje.

b.) Zamislamo si vadičep, kojega okrećemo u smjeru magnetičnih crta, onda nam daje smjer mićanja vadičepa smjer struje.

c.) Gledamo li u smjeru struje na crte polja, onda je smjer vrtnje kazala na uri, smjer crta (pozitivan smjer).

Jer sjeverni pol magnetne igle slijedi pozitivni smjer crta polja, to možemo otklon magnetne igle upotrijebiti za slijedeća pravila:

d) Položimo li desnu ruku nad vodič, dlan prema igli tako, da pokazuje prsti u smjeru struje, ot, klonit će se sjeverni pol igle pod vodičem na stranu kamo pokazuje palac. Ako je pol pričvršćen, a vodič pomičan, urme se lijeva ruku.

e) Položi li se kod otklonjene igle ruku nad vodič tako, da pokazuje palac u smjeru otklonjenog sjevernog pola, pokazuju prsti u smjeru struje. Igla je pod vodičem.

f) Obuhvatimo li desnom rukom vodič tako, da palac smjer struje, leže zavinuti prsti u smjeru magnetskog polja.

Zamislamo si vodič u obliku kruga, tada prolaze linije polja okomito na ravninu kruga.

g) Gledamo li okomito na ravninu kruga, pa ako struja teče u smjeru ^{vrtanje} kazala na uri, onda prolaze li, nije polja od promatrača prema van. Promatrani pol je južni pol.

h) Gleda li se u smjeru polja na krug, onda teče struja u smjeru vrtanje kazala na uri.



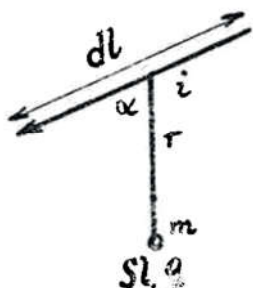
Namotaju li se zavoji u obliku uvijnice - slika 8. - sjedine se crte polja pojedinih zavoja u crte, koje su skoro paralelne sa osi cilindra. Ovakav svi, tak zove se solenoid.

i) Gledamo li na krajnu ravninu solenoida, pa teče li struja u smjeru vrtanje kazala na uri, onda se gleda na južni pol.

A.) Biot - Savart-ov zakon.

Uzajamno djelovanje magnet - električna struja može se raspravljati računskim putem pomoću Biot - Savart-ovog zakona. (elementarni zakon Laplace)

Označimo li - sl. 9. -



1a m [cgs] jakost pola

i [cgs] jakost struje

dl element vodiča

r (cm) udaljenost $dl \div m$

α kut između r te dl

onda elementarni zakon glasi:

$$dP = \frac{m \cdot i \cdot dl}{r^2} \sin \alpha \text{ dina} \quad (17)$$

Ako je $\alpha = 90^\circ$, dakle dl okomito na r vrijedi:

$$dP = \frac{m \cdot i \cdot dl}{r^2} \text{ dina} \quad (17a)$$

Jednadžba $P = \frac{m}{r^2}$ određuje intenzitet u udaljenosti r od pola m . Jer je u zraku $P = H$, dobimo

$$dP = H i dl \text{ dina}$$

Ako je H uzduž vodiča dužine l konstantno, može se ova jednadžba integrirati, pa je:

$$P = \int H i dl = H i l \text{ dina} \quad (18)$$

Jakost struje i mjerena u "cgs" jedinicama je 10 puta veća nego u običnoj jedinici Amper. Napišimo li dakle i u Amp, H u Gauss-ima, l u cm, onda je:

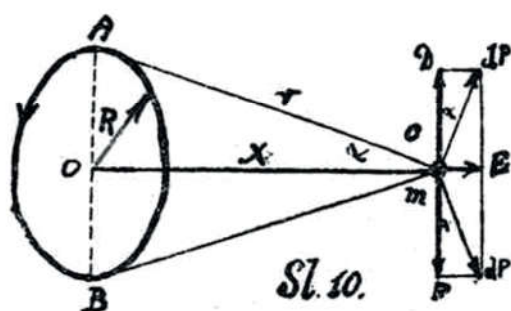
$$P = H \cdot l \cdot i \cdot 10^{-1} \text{ dina} \quad (19)$$

Smjer sile, t. j. smjer, u kojem sila tjera magnetsku masu m , slijedi n.p. iz pravila desne ruke.

Ako je m pozitivno, i struja teče u smaćenom smjeru - sl. 9. - onda kaže pravilo (ono pod d) da djeluje dP protiv promatrača, t. j. iz ravnine crtanja prema van, okomito na ravninu.

B.) Kružni vodič i magnetska masa m .

Jakost struje mjerimo opet u cgs-jedinica, ma ; magnetska masa m - cgs - nalazi se okomito nad središtem kruga AB u točki C - sl. 10. -



r je okomito na dl , prema tome je sila, kojom djeluje element dl vodiča na masu m po jednadžbi $17a$:

$$dP = \frac{m \cdot i \cdot dl}{r^2} \text{ dina}$$

dl je element luka u točki A , okomit na nacrtanoj ravnini. dP je okomito na AC u nacrtanoj ravnini. Komponente su CD i CE . Označimo li kut, što ga tvore r i OC sa α , onda vredi:

$$CD = dP \cdot \cos \alpha$$

$$CE = dP \cdot \sin \alpha$$

Isto vrijedi za element luka u točki B . Komponente su CF i CE . CD i CF su jednake, ali suprotne komponente, pa se prema tome poništavaju. Komponente CE su istosmjerne, pa se sumiraju.

Za svaka dva elementa luka na jednaku promjeru, mi dobimo isti rezultat. Totalno djelovanje sile P leži u smjeru OC , te rezultira iz sumacije svih komponenta CE , tj. integracijom preko kruga AB . Dobimo dakle:

$$P = \int \frac{m \cdot i \cdot dl}{r^2} \sin \alpha = \frac{m \cdot i \cdot \sin \alpha}{r^2} \int dl$$

Označi li R polumjer kruga, onda je $\int dl = 2R\pi$, te

$$P = \frac{m \cdot i \cdot \sin \alpha}{r^2} \cdot 2R\pi \text{ dina} \quad (20)$$

Ima li krug w zavoja, onda je: $\int dl = w \cdot 2R\pi$, te

$$P = \frac{m \cdot w i \cdot \sin \alpha}{r^2} \cdot 2R\pi \quad (20a)$$

Jer je: $r = \frac{R}{\sin \alpha}$, dobivamo:

$$P = \frac{m \cdot w i \cdot \sin^3 \alpha \cdot 2\pi}{R} \quad (21)$$

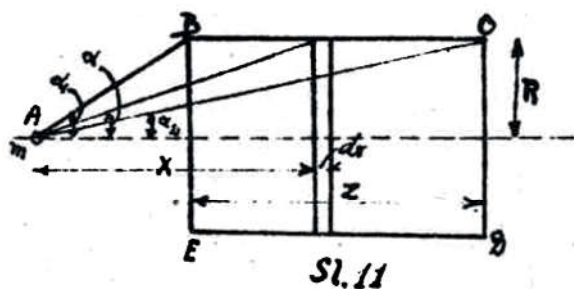
Želimo li eliminirati $\sin \alpha$ stavimo $OC = x$. Onda sli, jedi $R/r = \sin \alpha$ $r = \sqrt{R^2 + x^2}$ $\sin \alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + x^2}}$

$$P = \frac{m \cdot w i \cdot 2 \cdot \pi \cdot R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \text{ dina} \quad (22)$$

Mjerimo li struju u Amperima, dobimo:

$$P = \frac{0,2\pi \cdot m \cdot w i}{R} \sin^3 \alpha = \frac{0,2\pi \cdot m \cdot w i \cdot R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \text{ dina} \quad (23)$$

c.) Solenoid i magnetska masa m .



Magnetsku masu m zamislimo si na osi cilindra solenoida, da u točki A - sl. 11. - Jakost struje je i cgs. Solenoid BCDE ima w zavoja polu,

mjera R . Dužina solenoida je l . U udaljenosti x položimo dva presjeka okomita na os solenoida u malenoj međusobnoj udaljenosti dx . Između ovih presjeka leži $\frac{w}{l} dx$ zavoja, koji djeluju na masu m silom (21)

$$dP = \frac{2\pi \cdot m \cdot i}{R} \sin^3 \alpha \cdot \frac{w}{l} dx$$

Jer je $\alpha = R \operatorname{ctg} a$, te $dx = -R \frac{da}{\sin^2 a}$ imamo:

$$dP = \frac{2\pi m i}{R} \cdot \sin^3 \alpha \cdot \frac{w}{l} \cdot \left(-R \frac{da}{\sin^2 a}\right) = \frac{2\pi m \cdot w i}{l} (-\sin \alpha da)$$

Da dobimo djelovanje čitavog solenoida, integriramo u granicama α_1 te α_2 :

$$P = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{2\pi m \cdot w i}{l} (-\sin \alpha da) = \frac{2\pi m \cdot w i}{l} \cdot \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} -\sin \alpha da$$

Jer je $\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} -\sin \alpha da = \cos \alpha_2 - \cos \alpha_1$ slijedi konačno:

$$P = \frac{2\pi m \cdot w i}{l} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \text{ dina} \quad (24)$$

Leži li A u ravni BE onda je $\alpha_1 = 90^\circ$ $\cos \alpha_1 = 0$, pa je

$$P = \frac{2\pi m \cdot w i}{l} \cos \alpha_2 \text{ dina} \quad (a)$$

Leži li A u središtu solenoida, onda je $\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$, $\alpha_1 = 180^\circ - \alpha_2$ i $\cos \alpha_1 = \cos(180^\circ - \alpha_2) = -\cos \alpha_2$ prema tome:

$$P = \frac{2 \cdot 2\pi m \cdot w i}{l} \cos \alpha_2 = \frac{4\pi m \cdot w i}{l} \cos \alpha_2 \quad (b)$$

Jer je u tom slučaju $\cos \alpha_2 = \frac{l/2}{\sqrt{R^2 + (l/2)^2}}$ dobimo:

$$P = \frac{4\pi \cdot m \cdot w i}{l} \cdot \frac{l/2}{\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} \text{ dina} \quad (c)$$

Ako je solenoid velike dužine prema polumjeru, to je $\frac{l/2}{\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} \approx 1$, pa je:

$$P = \frac{4\pi \cdot m \cdot w i}{l} \text{ dina} \quad (d)$$

Mjerimo li jakost struje u amperima, moramo još sa 10 dividirati:

$$\begin{aligned}
 \text{a) opć. jedn} \quad P &= \frac{0,2\pi m \cdot wi}{l} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \text{ dina} \\
 \text{b) A u ravni BE} \quad P &= \frac{0,2\pi m \cdot wi}{l} \cos \alpha_2 \text{ dina} \\
 \text{c) Za središte} \quad P &= \frac{0,4\pi \cdot m \cdot wi}{l} \cos \alpha_2 = \frac{0,4\pi \cdot m \cdot wi}{l} \cdot \frac{l/2}{\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} \text{ dina} \\
 \text{d) } l \gg R \quad P &= \frac{0,4\pi \cdot m \cdot wi}{l} \text{ dina}
 \end{aligned} \tag{25}$$

Ako je $m=1$ onda je $P=J$ = intenzitet polja na promatranom mjestu. Intenzitet solenoida je prema tome:

$$\begin{aligned}
 \text{a) Na osi izvan solenoida} \quad J &= \frac{0,2\pi \cdot wi}{l} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \text{ dina} \\
 \text{b) U ravni BE} \quad J &= \frac{0,2\pi \cdot wi}{l} \cos \alpha_2 \text{ dina} \\
 \text{c) U središtu} \quad J &= \frac{0,4\pi \cdot wi}{l} \cos \alpha_2 \text{ dina} \\
 \text{ili} \quad J &= \frac{0,4\pi \cdot wi}{\sqrt{l^2 + d^2}} \text{ dina} \\
 \text{d) Za } l \gg R \quad J &= \frac{0,4\pi \cdot wi}{l} \text{ dina}
 \end{aligned} \tag{26}$$

Iz svih se jednačica vidi, da sila P ili intenziteta J nisu ovisne samo o jakosti struje, nego i o samom broju zavoja w , nego o produktu wi . Ovaj produkt zove se "Amperzavoji", i označuje se sa Aw .

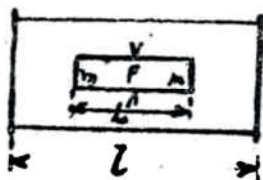
Isti načinak postigne se prema tome strujom od 1 amp i 500 zavoja, kao i sa strujom 1 amp. te 1000 zavoja.

3.) Magnetiziranje željeza.

U zraku padaju zajedno indukcija i intenziteta ne samo po smjeru, nego također i po veličini i to zbog izbora jedinica.

$$L = J \quad \frac{L}{J} = 1$$

Položimo li u unutarnjost solenoida dužinu l - sl. 12. - željezni štapi dužine L te presjeka F , onda prodiru crte polja također štapi, te ga magnetiziraju. Željezni štapi postao je magnet, iz kojega izbijaju linije polja.



Sl. 12.

Označi li m jakost pola željeznog štapa, onda izade iz sjevernog pola $4\pi m$ linija polja. No i $F \cdot J$ linija solenoida prolazi kroz sredinu štapa, pa je prema tome tok indukcije kroz štapi:

$$\Phi = F \cdot J + 4\pi \cdot m \quad \text{te} \quad L = \frac{\Phi}{F} = J + 4\pi \frac{m}{F}$$

Raširimo li razlomak $\frac{m}{F}$ dužinom L , dobimo u brojniku:

$m \cdot L$ = magnetički momenat štapa

u nazivniku:

$F \cdot L$ = volumen štapa.

Dakle:

$$\frac{m}{F} = \frac{mL}{FL} = \frac{m}{V} = J \quad (27)$$

" J " je magnetički momenat za jedinicu volumena,

u zovemo ga intenzitetom magnetiziranja. Prema tome vrijedi:

$$B = J + 4\pi J \quad (28)$$

Jakost pola m i veličina $\frac{m}{J}$ ovise su o intenzitetu J . Što veća je intenziteta solenoida, to veća je i jakost pola m , odnosno veličina $\frac{m}{J} = \chi$. Prema tome možemo staviti:

$$J = \chi J \quad (29)$$

Jer je $B = J + 4\pi J$ dobimo:

$$B = J + 4\pi \chi J = (1 + 4\pi \chi) J = \mu J \quad \text{gdje je} \quad (30)$$

$$\mu = 1 + 4\pi \chi$$

Koeficijent $\frac{B}{J}$ je sada veći od 1. Zato sada ne želje. To ne vrijedi više $\frac{B}{J} = 1$ nego $\frac{B}{J} = \mu$

$\chi = \frac{J}{J}$ je magnetska susceptibilnosc, a

$\mu = \frac{B}{J}$ je magnetska permeabilnosc, ili magnetsko propuštanje.

Veličine χ i μ nisu za jednu te istu magnetsku supstancu konstantne veličine. Za nemagnetične / paramagnetične / stvari (n.p. zrak) je

$$\mu = 1 \quad \chi = 0$$

Jednadžba 30. daje nam vezu između B i J , te μ i χ . Rezultate ovakvih proračuna, odnosno mjerenja, o kojima ćemo još govoriti, može se prikazati grafički u krivuljama, koje zovemo krivuljama magnetiziranja.

Ove krivulje daju nam za različite vrste želje, za približno isti prolazak, ali vrijednosti indukcije,

je L , koje nanašamo u smjeru osi ordinata, te koje pripadaju jednoj te istoj intenziteti J , u smjeru osi apscise, mnogo su veće za armaturnski lim i lijevani čelik, nego za lijevano željezo. Što je veća intenziteta J , to je veća i indukcija, ali prirast indukcije L postaje povećanjem intenziteta J sve manji i manji, t.j. što je veća indukcija L , to je manja permeabiliteta μ . Konačno prolaže krivulje magnetiziranja skoro paralelno sa osi apscisa. Kažemo skoro paralelno, ali ne sasvim, jer bi u tom slučaju bilo željezo već zasićeno.

Sljedeća tabela I. prikazuje krivulje magnetiziranja za lim, lijevani čelik i lijevano željezo.

Za praktične svrhe nameće se često namjesto intenziteta J broj amperzavoja za 1 cm dužine, ne crta polja kao os apscisa, jer se onda može za svaku indukciju odmah odrediti potrebni broj amperzavoja. / Vidi II. - 5. /

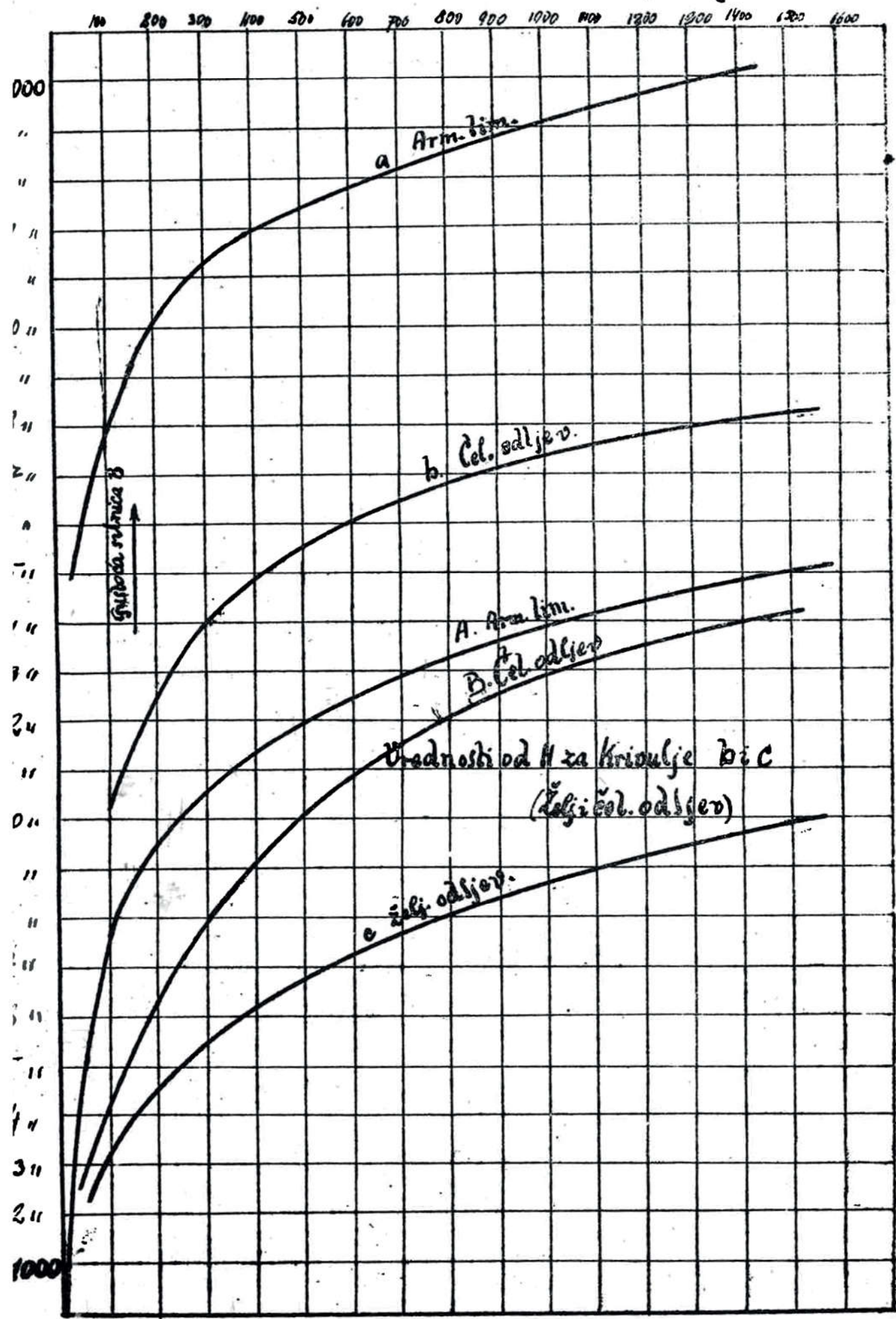
Tabela I. je na strani 19.

4. Histereza:

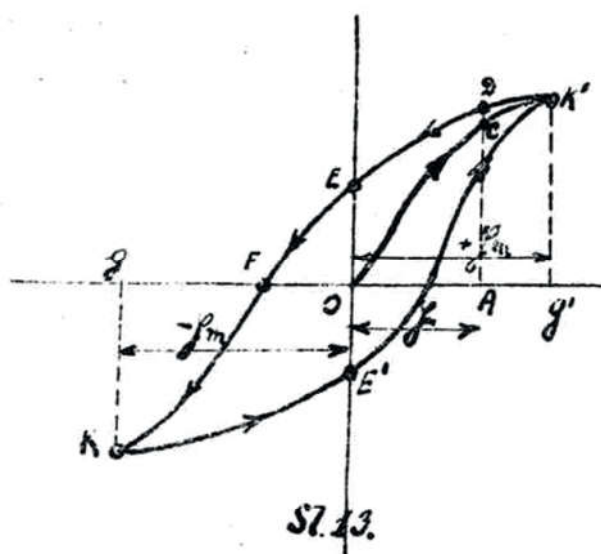
Krivulje tabele I. imaju samo onda nacrtani oblik, ako željezna jezgra nije kod početka poskusa imala nikakvog magnetizma, i ako raste intenziteta J neprekidno od nule do maksimuma, dakle do točke $K' + J_m$ na slici broj 13. -

Raste li J postepeno od 0 do vrijednosti $+J_m$, kojoj intenziteti neka pripada indukcija $L = G'K'$, te slabimo li onda opet postepeno intenzitetu J , padat će indukcija L , ali u sasvim drugom razmjeru. Jednoj te istoj vrijednosti od J , pripada sada sasvim različita od prijašnje, ne,

(Vieweger 8 izd.)



Vrednosti od H za krivulje A i B. (Arm. lim. i žel. odljev)



ka nova indukcija B , koja je veća. U početku smo imali kod intenziteta J indukciju $B = AC$, a u drugom slučaju $B = AD$. Za $J = 0$ je $B = OE$, željezo ima remanentni magnetizam, veličina $OE = \text{remanencija}$. Želimo li, da željezo iz-

gubi sasvim magnetizam, t.j. želimo li, da je $B = 0$ moramo proizvesti polje suprotnog smjera. J mora dakle primiti negativnu vrijednost: α . Ta veličina α je mjera koercitivne sile željezne jezgre. Pada li J u negativnom smislu do vrijednosti $(-J_m)$, postigne indukcija negativnu vrijednost BK .

Raste li kada opet (J) do nule, zaostanu indukcije B . Za $J = 0$ je $B = OE'$ (remanencija!). Raste J dalje od 0 do $J = J_m$, postigne indukcija B vrijednosti prema krivulji $E'K'$. Na taj način rezultiraju dvije krivulje magnetiziranja, od kojih jedna odgovara porastu, a druga padanju intenziteta J . Od ovih krivulja opkoljena ploština je proporcionalna radu, koji treba trošiti za magnetiziranje željezne jezgre od pozitivnoga do negativnog maksimuma, te opet do pozitivnog maksimuma u suprotnom smjeru. Radu magnetiziranja pretvori se u toplinu, te prouzroči uvisivanje temperature željezne jezgre.

Pojavu zaostajanja indukcije B zovemo „Histeresa“.

Steinmetz je postavio formulu za radnju magnetiziranja, koja glasi:

$$A_h = \frac{\eta \cdot B^{1,6} \cdot V \cdot \omega}{10^4} \text{ watta} \quad (31)$$

B = maksimalna indukcija

η = Steinmetzov (o materijalu ovisan) koeficijent

= 0,0033 za običnu lim za armature

= 0,0007 za legirani lim

= 0,0012 za transformatorski lim

V = volumen u cm^3

ω = (per) broj perioda u sec / frekvencija magnetiziranja /.

Želimo li imati taj gubitak izražen za kg, treba imati na umu, da je $1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$ i $1000 = V \cdot \gamma$ ili $V = \frac{1000}{\gamma}$, gdje je γ = spec. težina: 7,8. Dakle:

$$A_h = \eta \cdot B^{1,6} \cdot \frac{G \cdot \omega}{7,8 \cdot 10^4} \text{ watta} \quad (31a)$$

Tabela II. (strana 22.) daje nam kao ordinate nacrtane krivulje gubitak uslijed histereze za $\omega = 100$ i to kod različitih vrijednosti B kao apscise. Koeficijent smo uzeli $\eta = 0,0033$. Ako je V volumen u dm^3 , f gubitak za 1 dm^3 , te ako je $\omega = 100$, onda je:

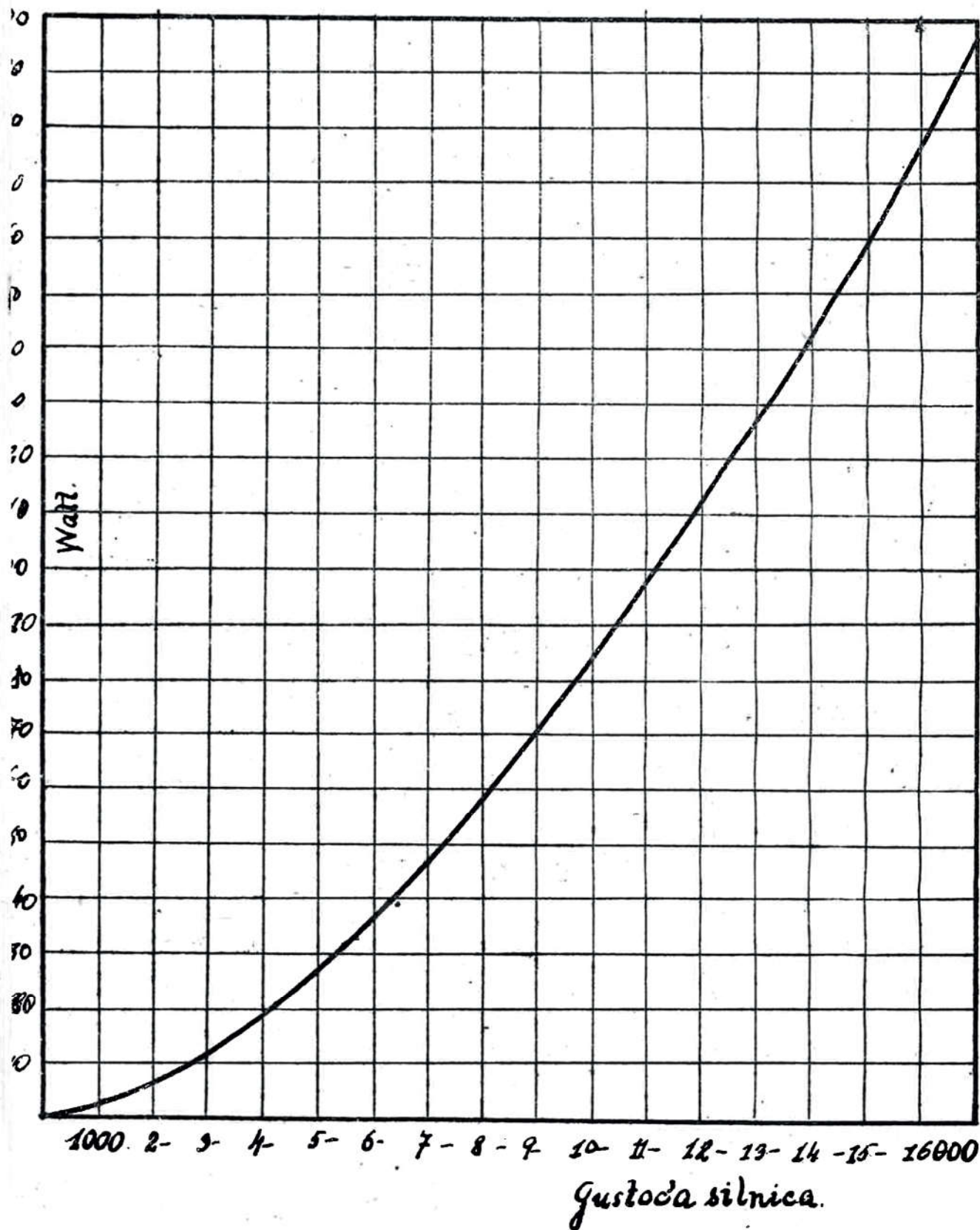
$$A_h = \frac{V \cdot f \cdot \omega}{100} \quad (32)$$

Ako je vrednost koef η koja druga η' , a ne $\eta = 0,0033$ onda vrijedi:

$$A_h = \frac{V \cdot f \cdot \omega}{100} \cdot \frac{\eta'}{0,0033} \quad (33)$$

Istodobno sa histerezom nastane još drugi gubitak u željezu t.j gubitak zbog vrtložnih struja.

Gubitak na Histerexi kod u kockom željezu
kod 100 perioda za dm^3 i $\eta = 0,0033$.



(izvagač i sed.)

Da se taj gubitak, što je više moguće umanjuje, sastave se pojedini dijelovi el. sprava i strojeva, koji su podvignuti cikličnom magnetiziranju iz izoliranih tankih limenih pločica.

Označi li Δ debljinu limene pločice u mm
 V volumen / u dm³ /

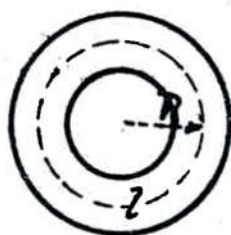
onda vrijedi za gubitak radi vrtložnih struja :

$$A_w = (2 \div 2,5) \frac{(\pi \Delta \cdot B)^2}{10^{10}} \sqrt{\text{watta}} \quad (34)$$

B je maksimalna indukcija, kao što je bilo na radnju A_R . Točnije vidi V.

5. Magnetišni krug.

Omotamo li željeznu jezgicu - slika 14. - u obliku koluta sa vodičem, onda vrijedi za kolut jednačina 2b.d.) i to:



Sl. 14.

$$I = \frac{0,4\pi \cdot i \cdot w}{l} \quad B = \mu \cdot I$$

l je dužina, na kojoj djeluje magnetska napetost. Ova je dužina u slici 14.

srednji krug sa polumjerom : R . Pokusi dokazuju, da nije potrebno kolut jednoliko omotati, nego da se zavoji mogu također skupiti, i da l svejedno zadrži istu vrijednost, t.j. dužina, na kojoj djeluje magnetska napetost ostane krug polumjera R , i taj je krug ujedno srednja dužina svih ota po, lja u kolutu.

Tok indukcije kroz kolut je:

$$\phi = F \cdot L \quad \text{Maxwella}$$

Jer je: $L = \mu \cdot f = \mu \cdot \frac{0.4\pi \cdot w^2}{l}$; $F = \text{presjek}$, dobimo:

$$\phi = L \cdot F = \frac{0.4\pi \cdot w^2}{\frac{l}{\mu F}} \quad \text{Maxw.} \quad (35)$$

Jednadžba 35 tvori Ohmov zakon za magne-
tični krug. $0.4\pi \cdot w^2$ je magnetomotorna sila, koja
u magnetskom otporu $\mathcal{R}$ reluktancija: $\mathcal{R} = \frac{l}{\mu \cdot F}$
proizvodi tok ϕ . Recipročna vrijednost otpora jest
vodljivost:

$$\lambda = \frac{0.4\pi \mu \cdot F}{l} \quad (36)$$

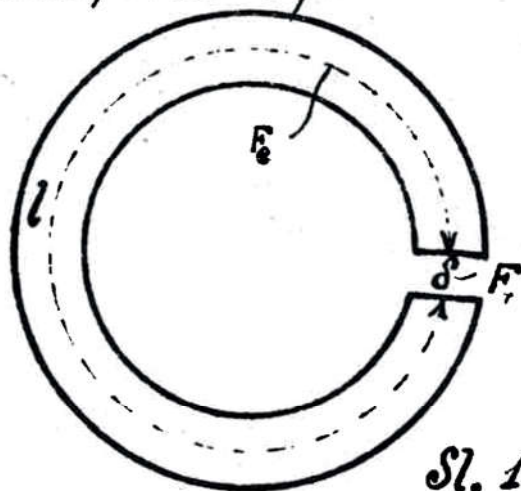
Ohmov zakon glasi onda, ako stavimo:

$$\mathcal{R} l = 0.4\pi \cdot w^2 = \mathcal{F} \quad \frac{l}{\mu \cdot F} = \mathcal{R}$$

$$\phi = \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{R}} \quad \text{ili} \quad \phi = AN \cdot \lambda \quad (37)$$

Treba spomenuti, da za održavanje toka ϕ nije po-
trebno trošiti nikakovu radnju.

Jednadžba 37. vrijedi i tada, ako se otpor
 $\mathcal{R}$ ili vodljivost λ sastoji iz različitih pribroj-
nika, kao n.pr u slici 15, koja nam predstavlja



Sl. 15

kolut, na jednom mjestu
presječen. Totalni otpor
tvori u tom slučaju ot-
por željeza i otpor ras-
pora. Ako je opet sred-
nja dužina crta in-
dukcije: l , δ srednja
dužina crte u rasporu,
 F_e presjek željeza, a

F_r presjek raspora, onda je magnetični otpor:

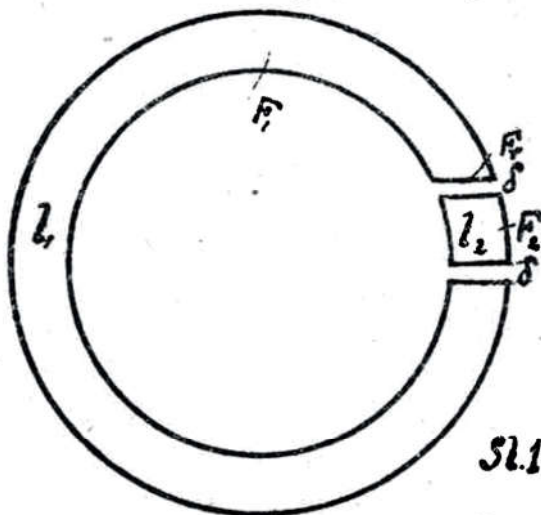
$$\frac{l}{\mu_2 F_r} + \frac{\delta}{F_r} \quad \text{jer je } \mu \text{ u zraku} = 1$$

Totalna vodljivost slijedi iz:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_e} + \frac{1}{\lambda_r}$$

Prema tome:

$$\Phi = \frac{0,4\pi \cdot w_i}{\frac{l}{\mu_1 F_e} + \frac{\delta}{F_r}} = w_i \cdot \lambda = AW\lambda \quad (38)$$



U slici 16. imamo otpor:

$$\lambda = \frac{l_1}{\mu_1 F_1} + \frac{2\delta}{F_r} + \frac{l_2}{\mu_2 F_2},$$

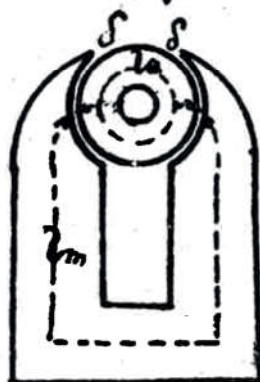
te vodljivost:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_r} + \frac{1}{\lambda_2}$$

Slika 16. Prema tome:

$$\Phi = \frac{0,4\pi \cdot w_i}{\frac{l_1}{\mu_1 F_1} + \frac{2\delta}{F_r} + \frac{l_2}{\mu_2 F_2}} = w_i \cdot \lambda = AW \cdot \lambda \quad (39)$$

Slika 16. odgovara potpuno magnetskom krugu dinamo stroja. - Slika 17. -



Slika 17.

Otpor se ovdje sastoji iz:
 otpora magneta, dužina: l_m ,
 otpora raspora, dužina: 2δ
 otpora armature dužina: l_a
 Presjeci su: F_m , F_r i F_a
 Ako je još:

μ_m permeabiliteta magneta
 μ_a permeabiliteta armature,
 onda vrijedi:

$$\mathcal{M} = \mathcal{M}_m + \mathcal{M}_z + \mathcal{M}_a = \frac{l_m}{\mu_m F_m} + \frac{2\delta}{F_z} + \frac{l_a}{\mu_a F_a} \quad \text{odnosno:}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_m} + \frac{1}{\lambda_z} + \frac{1}{\lambda_a} \quad \text{te}$$

$$\Phi = \frac{wi \cdot 0,4\pi}{\frac{l_m}{\mu_m F_m} + \frac{2\delta}{F_z} + \frac{l_a}{\mu_a F_a}} = wi \cdot \lambda = AW \cdot \lambda \quad (40)$$

Prednju dužinu mora se ili izračunati ili uzeti iz nacрта. F je kod nekonstantnog presjeka aritmetička sredina iz najvećeg te najmanjeg presjeka. μ slijedi iz jednadžbe $\mu = \frac{2\delta}{F}$.

Da se dobije u armaturi tok Φ , mora se u magnetu proizvesti tok $\Phi_m = v \cdot \Phi$, jer sve erte polja ne prolaze kroz armaturu. Jedan se dio izgubi putem rasipanja. Faktor v , uvijek veći od jedinice, zove se faktor rasipanja, te je ovisan o obliku i konstrukciji dinamoostroja.

Jednadžbu 40. možemo pretvoriti:

$$Fl = 0,4\pi wi = \frac{\Phi \cdot l_a}{\mu_a F_a} + \frac{\Phi \cdot 2\delta}{F_z} + \frac{\Phi \cdot l_m}{\mu_m F_m} \quad (41)$$

Lijeva strana ove jednadžbe je magnetomotorna sila, napetost Fl proporcionalna uzbuđenju AW , koje proizvodi u magnetičnom krugu tok Φ .

Prema tome mora i svaki član desne strane biti magnetomotorna sila, i to:

prvi član, magnetomotorna sila, koja proizvodi tok Φ kroz armaturu,

drugi član, magnetomotorna sila, koja proizvodi tok Φ kroz raspor 2δ

treći član magnetomotorna sila, koja pro-
izvodi tok Φ kroz magnete

Jer je: $\frac{\Phi}{F_a} = L_a$ $\frac{\Phi}{F_r} = L_r$ $\frac{\Phi}{F_m} = L_m$
dobimo: $AW = iw = \frac{L_a l_a}{0,4\pi \mu_a} + \frac{L_r 2\delta}{0,4\pi} + \frac{L_m l_m}{0,4\pi \mu_m}$

Jer je dalje: $\frac{L}{\mu} = J$ sledi konačno:

$$AW = iw = \frac{J_a l_a + L_r 2\delta + J_m l_m}{0,4\pi} \quad (12)$$

Umesto intenziteta J urme se u praksi često za aps.
cisu pojedinih krivulja magnetiziranja broj po-
trebnih amperzavoja. aw za 1 cm dužine ota
indukcije. Ordinatu tvorí pripadajuća indukcij-
ja: B .

Iz jednačbe $wi = AW = \frac{H}{0,4\pi}$ sledi, da je
nabudenje ili amperzavoja: AW jednako:
 $\frac{1}{0,4\pi}$ ili 0,8 puta magnetična napetost: JL .
Ova se napetost tvorí kako smo to upoznali za
svladavanje otpora pojedinih dijelova magne-
tičnog kruga. Zbog toga možemo također nabu-
denje, $AW = iw$, koje je proporcionalno magnetičnoj
napetosti, razdijeliti u pojedine dijelove AW_m , AW_a
te AW_r , koji su potrebni za pojedine otpore μ_m , μ_a
i μ_r . Da je to dozvoljeno, sledi jednostavno
u jednačbe 12., koju možemo pisati:

$$0,4\pi wi = 0,4\pi H_a i + 0,4\pi H_r i + 0,4\pi H_m i$$

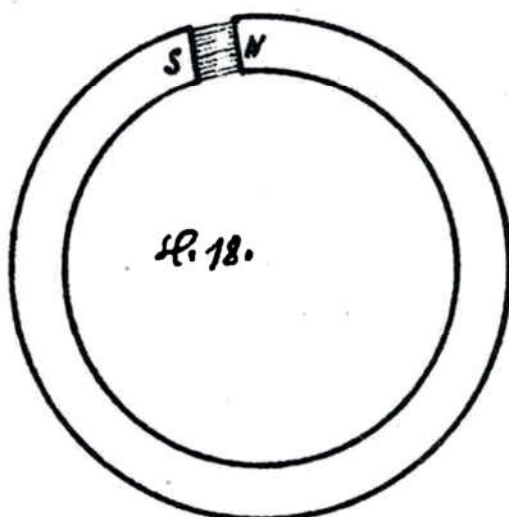
ili

$$AW = AW_a + AW_r + AW_m \quad (13)$$

Za AW_r dobimo:

$$AW_r = \frac{L_r 2\delta}{0,4\pi} = 0,8 L_r \cdot 2\delta = 1,6 \cdot \delta \cdot L_r \quad (14)$$

6) Nosiva jakost magneta.



Ako je m magnetska masa pozitivnog pola jednoliko razdijeljena na čitavi presjek N - slika 18. - onda izlazi $4\pi m$ crta, koje se crte jednoliko razdi-
jele na čitavi presjek, ako pretpostavimo, da je širi-
na raspora malena s ob-
zirom na presjek. Na je-

dinici površine vlada onda indukcija $\mathcal{L} = \frac{4\pi m}{F}$ Gausa. Jer je indukcija u rasporu jednaka in-
tenzitetu; to je gornja vrijednost $\mathcal{L}$ jednaka sili
u dinima, kojom će biti jedinica pozitivne ma-
se tjerana u smjeru crta polja. Nalazi li se prema
tome u rasporu $N-S$ jedinica pozitivne magne-
tične mase, onda je ona podvrgnuta sili $\frac{4\pi m}{F}$ dina.

Ova se sila sastoji iz odbijanja pozitivnog
i privlačenja negativnog pola. Jer je ova sila
 $\frac{4\pi m}{F}$ neovisna o udaljenosti jedinice magnetske
u rasporu od jednog ili drugog pola, imade sila
tu vrijednost $\frac{4\pi m}{F}$ i tada, ako se nalazi jedinica
točno u sredini raspora. U tom je slučaju odbi-
janje pozitivnog pola jednako privlačenju nega-
tivnog pola, i to: $\frac{2\pi m}{F}$. Nadomjestimo li + je-
dinicu sa negativnom, pretvori se odbijanje u
privlačenje, ali veličina sile ostane ista i tada,
ako leži negativna jedinica u površini S .

Površina S sastoji se iz m negativnih
jedinica. Sila, kojom privlači sjeverni pol N ju,

ni pol S jeste prema tome:

$$S = \frac{2\pi m}{F} \cdot m$$

Imali smo: $L = \frac{4\pi m}{F}$, dakle $m = \frac{LF}{4\pi}$ odnosno:

$$S = \frac{2\pi}{F} \left(\frac{LF}{4\pi} \right)^2 = \frac{L^2 F}{8\pi} \text{ dina} \quad (45)$$

Hoćemo li silu S u kg , moramo napisati, da je
 $1 \text{ kg} = 981000 \text{ dina}$.

Prema tome: $S = \frac{L^2 F}{8\pi \cdot 981000} \text{ kg}$ za svaki pol (46)

Faktor $\frac{L^2}{8\pi} \text{ din/cm}^2$ je Maxwell-ovo rlaćno i
 rlaćno naprezanje magnetičnog polja.

Kod permanentnog magneta, npr. u obliku
 potkove, je broj svih crta indukcije uvijek jednak
 bez obzira na to, da li je armatura (kotva)
 prislonjena ili ne. U prvom slučaju prolaze
 skoro sve crte polja jednog pola kroz ar-
 maturu k drugome. U drugom slučaju prola-
 zi veliki dio svih crta putem rasipanja. To je
 uzrok, da je indukcija u armaturi mnogo veća
 kod prislonjene armature. Jer je nosiva jakost
 ovisna o L^2 , mora nosiva jakost jednog pola biti
 bitno veća, ako armaturu prislonimo.

Još u mnogo većem razmjeru raste nosiva
 jakost elektromagneta za jedan te isti broj AW ,
 ako prislonimo armaturu. Magnetični je otpor
 u tom slučaju jednak otporu željeza, prema to-
 me veoma malen.

Što slijedi iz jednadžbe $\Phi = \frac{NI}{\frac{l}{\mu}}$, $\frac{\Phi}{F} = L$,
 $\mu = \frac{L}{F}$. Prislonimo armaturu samo na jedan
 jedini pol, sastoji se otpor magnetičnog kruga iz

otpora željeza i otpora raspora. Ladujv otpor je mno-
go veći, prema tome L u istom razmjeru manje. Ako
je n.p. otpor zraka samo 5 puta veći nego otpor
željeza, dobimo u jednom slučaju $\phi = \frac{941000}{110}$, a u
drugom $\phi' = \frac{941000}{6 \cdot 110}$, prema tome:

$$\phi' = \frac{\phi}{6} \quad L' = \frac{L}{6}$$

Nosiva jakost bila bi u prvom i drugom slučaju:

$$P = 2 \cdot \frac{L^2 F}{8\pi} \quad P' = \frac{(\frac{L}{6})^2 F}{8\pi} \quad \text{ili} \quad P : P' = 72$$

Magnetična sila igra veliku ulogu kod di-
namo strojeva, ako armatura nije savim dobro
centrirana.

Za permanentne magnete vrijedi Bernoulli-
jeva jednačina, koja glasi:

$$P = a \cdot \sqrt{q} \quad \text{kg} \quad (47)$$

q je težina permanentnog magneta u kg
 a je konstantni faktor ovisan o veličini, te ja-
kosti magnetiziranja, koji postigne za magnete
u obliku potkove vrijednosti do 23. Armatura je
pristojena na oba pola.

Stavimo li u jednačinu $P = \frac{L^2 F}{8\pi \cdot 981000} \text{ kg}$:

$F = 1 \quad \frac{1}{8\pi} \approx \frac{1}{25} = 0,04 \quad 981000 \approx 1000000 = 10^6$ do,
bijemo: specifičnu nosivu jakost magneta za
 1 cm^2

$$\mu = 0,04 \cdot \left(\frac{L}{1000}\right)^2 \text{ kg/cm}^2 \quad (48)$$

t.j. specifična nosiva jakost magneta imaša otpru-
like / pogriješka ~ 1,6% / 4% kvadrata indukcije u
rasporu, mjerene u Kiloertama, i to za svaki pol.

Obrnuto slijedi, da je potrebna indukcija za od-
ređenu nosivu jakost po cm^2 / dakle za spec. nos. jakost/:

$$L = 5000 \cdot \sqrt{\mu} \text{ Gaussa} \quad (49)$$

Radi sigurnosti računa se sa rasporom $\delta \text{ cm}$. Onda se dobije potrebni broj ampernavoja za određenom spec nosivu jakost iz jednačine:

$$AN = 4000 \cdot \left(\frac{l}{\mu} + 2\delta \right) \sqrt{\mu} \quad (50)$$

l u cm = mjereni srednji put u željezu
 μ je pripadajuća permeabilnosta.

Ova jednačina slijedi iz

a) Za željezo je srednji put l cm prema tome

$$\phi = L \cdot F = \frac{0,4\pi \cdot w_i}{\frac{l}{\mu F}}$$

$$L = \frac{0,4\pi \mu \cdot w_i}{l} \text{ . A jer je :}$$

$L = 5000\sqrt{\mu}$ Gaussa dobimo dalje :

$$w_i = \frac{5000 l}{0,4\pi \mu} \sqrt{\mu} = 4000 \frac{l}{\mu} \sqrt{\mu} \quad (a)$$

b) Za vazrak je put : 2δ , prema tome po jednu.

$$w_i = 0,8 \cdot L_0 \cdot 2\delta = 0,8 \cdot 5000 \sqrt{\mu} \cdot 2\delta = 4000 \cdot 2\delta \cdot \sqrt{\mu} \quad (b)$$

Sumiramo li obe jednačine a.) i b.) dobijemo jednačinu 50. , dakle ukupni potrebni broj amper. navoja.

7.) Zakon indukcije.

Faraday je prvi opazio, da u svitku ili zavoji nastane el. m. sila: napetost, ako se mijenja i dok se mijenja od svitka ili zavoja obuhvaćeni tok indukcije. Inducirana napetost ima uvijek takav smjer, da djeluje suprotno promjeni toka. Raste li prema tome tok u pozitivnom smjeru (vidi T-2.) nastane napetost u negativnom.

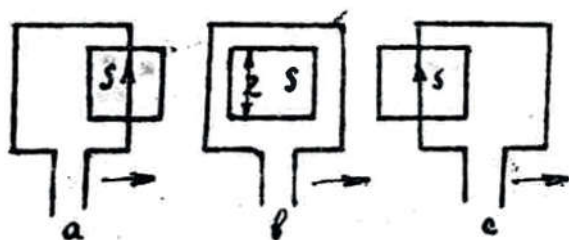
Inducirani napon je proporcionalan brzini promjene toka. Napon, što ga inducira promjena toka obuhvaćenog za 1 Maxwell u 1 sekundi, tvori apsolutnu jedinicu (c.g.s.) napona. 10^8 ovih cgs jedinica tvore 1 Volt.

Imademo li w u seriji spojenih zavoja, te promijenimo li u vrijeme dt obuhvaćeni tok ϕ za $d\phi$, onda dobimo inducirani napon:

$$e = -w \cdot \frac{d\phi}{dt} \cdot 10^8 \text{ Volta} \quad (51)$$

Promjeni li svitak ili zavoj vlastiti momenta, ni položaj u magnetičnom polu, bit će tako, da i tada inducirana el. m. sila. Zamislimo si petlju - slika 14. - koja se miče u smjeru strelice pred južnim polom. Tok izlazi iz sjevernog pola, koji leži pred nacrtanom ravninom, prodira petlju te ulazi u južni pol, koji leži odotraga nacrtane ravnine. Gledamo li na ravninu petlje u smjeru toka

Slika 14.



noć pola, koji leži pred nacrtanom ravninom, prodira petlju te ulazi u južni pol, koji leži odotraga nacrtane ravnine. Gledamo li na ravninu petlje u smjeru toka

indukcije, djeluje inducirana el. m. sila u suprotnom smjeru vrtinje karala na uri-sl. a.) - U slici b.) ima obuhvaćeni tok najveću vrijednost, koja se u nacrtanom momentu ne promjenjuje. U slici c.) pada tok, pa inducirana napetost djeluje u smjeru vrtinje karala na uri.

U slici 19. kći pred polom dužina l vodiča, koji okomito sječe crte polja brzinom v cm/sec. Pretpostavimo, da je indukcija L na dužini l konstantna. Smjer micanja neka je okomit na dužinu l , te magnetnu indukciju. Put u vremenu dt je ds , opisana ploština: lds , prema tome porast toka:

$$d\phi = L \cdot l \cdot ds$$

Ako se ne obaziremo na smjer inducirane napetosti, to je:

$$\mathcal{E} = \frac{d\phi}{dt} \cdot 10^{-8} = \frac{L \cdot l \cdot ds}{dt} \cdot 10^{-8} = L \cdot l \cdot v \cdot 10^{-8} \text{ Volta} \quad (52)$$

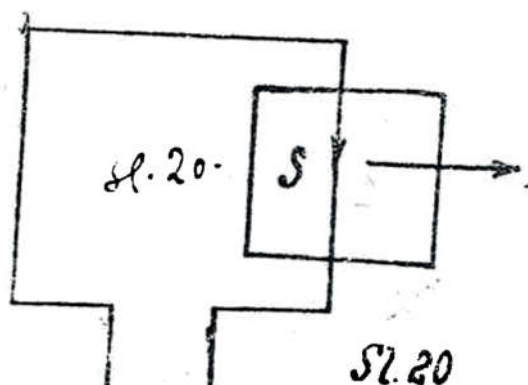
Jer je promjena obuhvaćenog toka jednaka broju prešćenih crta polja, možemo si misliti, da je ovo re, koje uzrok inducirane el. m. sile. Jednadiću 52. možemo onda upotrebiti za definiciju 1 Volta, od apsolutne jedinice napetosti.

Apsolutna jedinica el. m. sile bit će inducirana, na onda, ako se vodič dužine 1 cm giblje brzinom 1 cm/sec okomito na vlastiti smjer i okomito na crte polja jakosti 1 Gauss.

Ako dužina vodiča nije okomita na smjer magnetskog polja, od. na smjer gibanja, mora se uzeti za dužinu l i brzinu v okomite komponente.

Smjer inducirane napetosti može se odrediti po kojemu god od poznatih pravila, n-pr: po pravilu Amperovog plivača. Plivamo li u pozitivnom

smjeru crta polja, licem okrenuti u smjeru micanja vodiča, onda djeluje proizvedena napetost na desnu stranu. U sl. 19. plivamo od sprijeda prema otrazi licem okrenuti na desnu stranu.



U slici 20. miče se pol na desnu stranu, vodič prema tome relativno na lijevu, napon djeluje prema dole.

Konačno se može smjer inducirane napetosti odrediti također

i pomoću Lenz-ovog zakona: Inducirana struja nastoji promjenu zaustaviti. Prema tome mora inducirana struja imati kod spajanja protivni smjer, a kod prekidanja isti smjer kao i primarna struja.

El. mot. sila nastaje uvijek, kad imamo kojegod promjenu: svejedno je da li je krug zatvoren ili otvoren. Jakost struje određuje otpor kruga. Znači li i momentanu vrijednost struje, onda je od svitka ili od zavojica u vrijeme od predana radija:

$$d\Phi = e i dt = -i \omega d\phi \cdot 10^{-8} \text{ joula} \quad (53)$$

Spojimo n.pr. svitak na izvorom istosmjernu struje, naraste postepeno struja i od nule, te ima u određenom momentu vrijednost i . Ova struja proizvodi tok, koji raste, $d\phi$ je pozitivno. Od svitka za vrijeme dt predana radija je prema tome po jednačini 53 negativna t.j. izvor struje daje svitku radnju.

Prekinemo li struju, onda struja pada i tok ϕ , t.j. $d\phi$ postane negativno, radija prema tome pozitivna, svitak daje sada radnju, koja se pretvori u toplinu (Iskra)

8.) Množina elektricitete, srednja vrijednost struje i el. mot. sile.

Djeluje li el. m. sila e Volta kroz otpor r Ohma električnog kruga, u kojem djeluje ova el. m. sila, rezultira jakost struje u Amperima:

$$i = \frac{e}{r}, \quad e = -\frac{d\phi}{dt} \cdot \frac{w}{r} \cdot 10^{-8} \text{ Volta}, \quad i = -\frac{d\phi}{dt} \cdot \frac{w}{r} \cdot 10^{-8} \text{ A}$$

ili :

$$i \cdot dt = -d\phi \frac{w}{r} \cdot 10^{-8} \text{ Coul} \quad (54)$$

i je množina elektricitete, koja teče u jednoj sek kroz presjek, idt množina, koja teče u vremenu dt kroz isti presjek. Odnosimo ovu množinu sa dQ onda vrijedi :

$$idt = dQ = -d\phi \frac{w}{r} \cdot 10^{-8} \text{ Coul}$$

Čitava množina elektricitete, koja nastane, ako se od svitka obuhvaćeni tok promijeni od ϕ_1 na ϕ_2 slijedi iz integracije goređe jednačine, i to u granicama ϕ_1 i ϕ_2 .

$$Q = -\int_{\phi_1}^{\phi_2} d\phi \cdot \frac{w}{r} \cdot 10^{-8} = -\frac{w}{r} \cdot 10^{-8} \phi \Big|_{\phi_1}^{\phi_2} = -\frac{w}{r} (\phi_2 - \phi_1) \cdot 10^{-8}$$

$$Q = \frac{w}{r} (\phi_1 - \phi_2) 10^{-8} \text{ Coul} \quad (55)$$

Svitak iz w kavoja obuhvati najprije tok ϕ_1 , koji se promijeni na koji god način u tok ϕ_2 . Time se inducira neovisno o vremenu u električnom krugu otpora r množina elektricitete Q . Podijelimo li ovu množinu sa vremenom T u kojem se vršila promjena, $\phi_1 \rightarrow \phi_2$, dobijemo srednju jakost struje: i_m , to je dakle množina struje elektricitete, koja teče kroz presjek u jedinici vremena, ako zamislamo

jakost struje konstantnom.

$$i_m = \frac{w}{r} \cdot \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{T'} \cdot 10^{-8} \text{ Amp} \quad (56)$$

Množimo li sa t , dobijemo srednju el. m. silu:

$$e_m = i_m \cdot t = w \cdot \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{T'} \cdot 10^{-8} \text{ Volt} \quad (57)$$

9.) Dinamično djelovanje el. struje.



Sl. 21.

U slici 21 a) odbija magnet NS magnet $N'S'$, jer leže polovi istoga predznaka jedan protiv drugoga. Između magnetâ su crte polja isto, smjerne.

Pravilo: Istosmjerne crte polja se odbijaju.

Slika 21 b): Polovi protivnog predznaka leže jedan prema drugome, magneti se privlače. Crte polja imaju među magnetima protivan smjer.

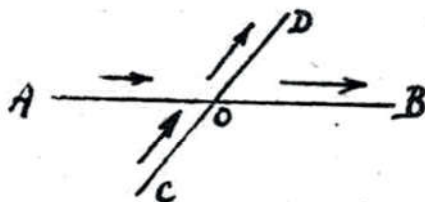
Pravilo: Crte polja, koje su protivnog smjera se privlače.

Slika 22 a): Paralelne struje proizvode crte protivnog smjera, prema tome se privlače. Sl. 22 b). Struje

protivnog smjera proizvode istosmjerne crte polja, prema tome se odbijaju.



Sl. 22.



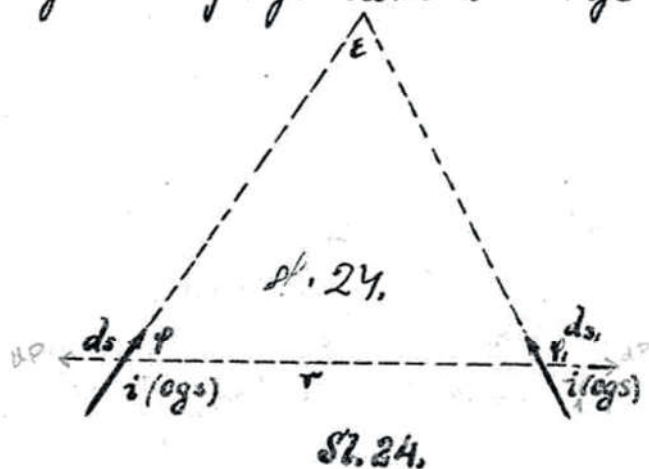
Sl. 23.

Vodiči unakrsni - slika 23. - se privlače, ako teku struje R točki križanja O, ili od nje prema van. A ako teče struja u jednom vodu od, a u drugome proti točki križanja - vodiči se odbijaju.

Po Ampere-ovom zakonu, kojeg je Ampere našao pokusima i razmišljanjem, jeste sila, kojom djeluje element struje na drugi - sl. 24. -

određena jednačinom

$$dP = \frac{i i_1 ds ds_1}{r^2} (\cos \epsilon - \frac{3}{2} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2) \quad (58)$$



Smjer dP pada uapadno sa r. Negativni predznak vrijedi za privlačenje, a pozitivni za odbijanje.

Jednačina 58. može se samo u rijetkim, jedinstvenim slučajevima integrirati. Ipak su i u tim slučajevima rezultati nepregledni i zamršeni.

Zamislamo si integraciju izvedenu, onda ima, demo pred znakom integrala i i i_1 kao konstantne faktore, a pod znakom r , ds , ds_1 , ϵ , φ_1 i φ_2 . Rezultat mora ove veličine u kojoj god veri sam državati. Ako se međusobni položaj ne promjeni, dobi se rezultat integracije određenu vrijednost C. Sila, kojom djeluju vodiči jedan na drugoga dobije oblik:

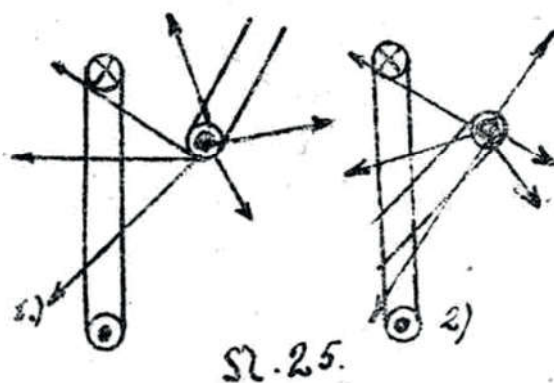
$$P = C \cdot i i_1 \quad (59)$$

Ako je $i = i_1$ t.j. oba vodiča protječe ista struja i , onda je

$$C \cdot i^2 \quad (60)$$

Ova jednadžba tvori princip dinamometra, u kojemu djeluju dva svitka jedan na drugi.

10.) Zakon proticanja.



Sr. 25.

U slici 25. nalazi se pozitivna jedinica magnetske mase u okoli, a svitka od w zavoja, kroz koji svitak prolazi struja. Od toka 4π , što ga proizvodi jedinica pola, obuhvati svitak

dio ϕ / položaj 1: / Krićemo li jedinicu pola na kojem god putu kroz ravninu zavoja od lijeve na desnu stranu, dok ne dođemo opet natrag u početnu točku, to se obuhvaćeni tok indukcije promijenio, pa u svitku nastane inducirana napetost. Konačno zamislimo si, da ova napetost ne prouzroči nikakvu promjenu struje i , što se uvijek daje ostvariti.

Kod gibanja jedinice izgubi se najprije tok indukcije ϕ kroz svitak, poslije nlaži tok $-\phi + 4\pi = 4\pi - \phi$ od druge strane. Proizvedena radnja slijedi iz jedu 83. $dA = -iw d\phi \cdot 10^{-8}$ Joulea

$$A = - \int_{\phi}^{-(4\pi - \phi)} iw d\phi \cdot 10^{-8} = 4\pi wi \cdot 10^{-8} \text{ Joule} \quad (61)$$

Za vrijeme gibanja moramo svladati si, lu, kojom djeluje struja na magnetsku masu. Ako je J komponenta sile u smjeru gibanja, te dl dio opisane zatvorene krivulje, koja opkoljuje

vodiče, ouda je čitava radnja $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l}$ Erga. Integrirati moramo preko cijelog puta, što smo ga izvorili. Uvažimo li, da je 10^7 Erga = 1 joule dobimo:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = 94\pi \cdot i \cdot \text{Erga} \quad (62)$$

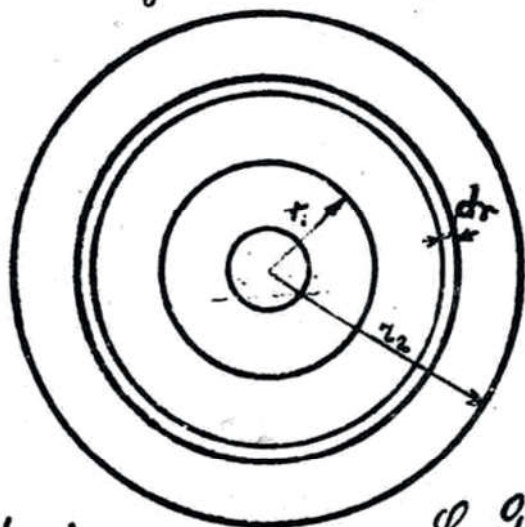
$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l}$ je integral magnetične intenzitete (Linienintegral der magn. Feldstärke) i je suma oba, hvacernih struja, proticauje (Durchflutung). Zakon proticauja glasi dakle: Integral magnetične intenzitete u ergima za jedinicu pola jednak je 94π puta proticauje i (ili $\sum i$) u Amperima. Međusobni položaj od puta obuhvaćenih vodiča, te struja kojom su protječeni ne dolazi u obzir.

Kod gibanja u magnetnom polju magnetsa sakuplja se magnetna energija i troši mehanička radnja ili troši magnetna energija i dobije mehanička radnja. U polju struje pretvori se kod gibanja pola mehanička radnja u električnu ili obrnuto električna radnja u mehaničnu. U polju magnetsa je radnja neovisna o putu, u polju el struje ovisna o broju prelaza kroz površinu zavoja. Padaju li zajedno početna i krajnja točka puta, je radnja kao u polju magnetsa jednaka 0 samo onda, ako nemamo prelaza kroz površinu zavoja

11.) Struja i magnetično polje.

Polje ravnog vodiča u zraku sastoji se iz krugova, koji su koncentrični k vodiču. U udaljenosti r od vodiča je intenzitet H , i sila, kojom djeluje vodič na jedinicu pola, uz

duž kruga sa sredinom u vodiču konstantna. Ako



je put gibanja jediničnog pola krug sa polumjerom r , onda je radija :
 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{r}$. Zakon proticanja glasi :

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0,4\pi \cdot i \cdot \epsilon_0,$$

prema tome izlazi, ili

da je : Sl. 26. $\oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{0,4\pi \cdot i}{2 \cdot r \cdot \pi}$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{0,2 \cdot i}{r} \text{ dina} \quad (63)$$

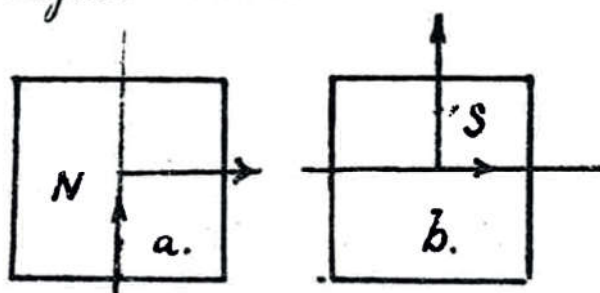
Rasporedimo li polje u magnetne cijevi, ovdje šuplji valjci, čija zajednička os pada zajedno sa vodičem - u slici 26 okomito na ravni nacrta - te označi li r_1 unutarnji, r_2 vanjski polumjer cijevi u cm, te l dužinu vodiča, onda vrijedi : Neka, tu je intenzitet $\oint$ jednaka indukciji B . Po krugu površinu $l \cdot dr$ je $\oint l \cdot dr$. Integriranjem u granicama r_1 i r_2 slijedi tok jedne cijevi

$$\Phi = \int_{r_1}^{r_2} \oint l \cdot dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{0,2 \cdot i}{r} \cdot l \cdot dr = 0,2 \cdot I \cdot l \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (64)$$

t.j. tokovi pojedinih cijevi su jednaki, ako je razmjer polumjera redom slijedećih valjaka konstantan
 $r_1 : r_2 = r_2 : r_3 = r_3 : r_4 = \dots$

Konačno ćemo još izračunati silu, kojom djeluje jednoliko magnetsko polje na ravni vodič. Ako je polje statno, i vodič pomičan, onda vrijedi pravilo plivača : Plivamo li sa strujom, licem okrenuti prema sjevernom polu, djeluje sila na

sjeverni pol u smjeru lijeve ruke, a na vodič u smjeru desne ruke



Sl. 27; (a, b)

U slici 27 a.) plivamo od odo gore, licom o, krenuti prema sjevernom polu, koji leži otrog ravniine papira. Vodič se miče na desnu stranu. U slici 27 b.) pli-

vamo od desne na lijevu stranu licem okrenuti prema sjevernom polu, koji leži pred papirnom. Vodič se giba na desnu stranu.

Sila, kojom djeluje polje na vodič uzrok je, da treba trošiti radnju kod rotacije armature dinamo stroja. Struja, proizvedena rotacijom odupire se gibanju, /Lenz-ov zakon/ stroj za pogon mora silu upotrebiti, da nadvlada protusilu.

Ako se je vodič dužine l cm, struja i Amper, polje L Gaussa, pomaknemo u vrijeme dt za ds cm i to okomito na vlastiti smjer i okomito na smjer indukcije, bila je inducirana naponost: $\epsilon = L \cdot l \cdot \frac{ds}{dt} \cdot 10^{-8}$ Volta. Za vrijeme dt vršena električna radnja:

$$dA = \epsilon i dt = 10^{-8} L l ds \text{ i Joula}$$

Za vršenje ove radnje potrebna je jednaka mehanička radnja $P ds$. Podijelimo li radnju sa putem ds , dobijemo silu, koja djeluje.

Jer je $1 \text{ Joule/cm} = 10^7 \text{ erg/cm} = 10^7 \text{ dina}$ sledi:

$$P = L i l \cdot 10^{-8} \text{ Joule/cm} = L i l 10^{-1} \text{ dina}$$

namo već poznata jednadžba 19.), koja smo dobili iz Biot - Savart - shog zakona.

12. Samoindukcija.

Promjeni li se obuhvaćeni tok indukcije, proizve-
de se električna napetost, el. m. sila. Ali promjenu
nemamo samo kod gibanja vitka u magnetskom
polju; tu promjenu dobijemo i tada, kad se struja
promjeni u jednom te istom vitku, kroz kojega
teče struja, te u kojem se proizvoda magnetsko
polje. Ovaj pojav inducirane el. m. sile zovemo
samoindukcijom. Napon, koji nastane, ima uopće
takav smjer, da prouzroči struju, koja nastoji
prepriječiti promjenu. Samoindukcijom proizve-
dena napetost ima struju protivan smjer ako
struja raste, a ako struja pada isti smjer. Muo-
žina elektricitete, koja nastane kod spajanja ili
prekidanja struje jeste po jedu 55

$$Q = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{10^8 \cdot T} \text{ w Coul}$$

Za prekidanje vrijedi $\Phi_1 - \Phi_2 = \Phi - 0 = \Phi$
za spajanje $\Phi_1 - \Phi_2 = 0 - \Phi = -\Phi$
prema tome proizvedena muožina

$$Q = \pm \frac{\Phi w}{T \cdot 10^8} \text{ Coul}$$

znak + vrijedi za prekidanje, a znak - za spaja-
nje primarne struje. Muožine elektricitete su obim
slučajevima jednake. Struja samoindukcije zove
se također: Ekstra struja.

Prednja el. m. sila je $e_1 = \frac{\Phi w}{10^8 T_1}$ Volta za spa-
janje, ako T_1 znači vrijeme potrebno, da primarna
struja naraste do potpune jakosti.

Označi li T_2 vrijeme potrebno, da padne struja kod prekida do nule, onda je srednja el. m. sila samoindukcije kod prekidanja $e_2 = \frac{\Phi w}{10^8 T_2}$ Volta. Jer je vrijeme T_2 bitno manje nego T_1 , izlazi da je srednja el. m. sila samoindukcije kod uikidanja pri, manje struje bitno veća. El. m. sila u određenom momentu je

$$e = - \frac{d\phi}{dt} w \cdot 10^{-8} \text{ Volta}$$

Za dugački svitak (solenoid), ili za Kolut, prsten vrijedi:

$$\phi = F \cdot \varphi = F \cdot \frac{0,4\pi \cdot w i}{l} = w i \cdot \lambda$$

ako F označi presjek u cm^2 , l dužinu u cm , w broj zavojica svitka, te λ magnetičnu vodljivost. Pretpostavimo, da je λ neovisno o indukciji, što uvijek vrijedi, ako nemamo željeza t. j. u zraku. Ima li svitak željezo, vrijedi ova pretpostavka dok željezo nije zasićeno ili ako nadmašuje otpor zraka. Jer ostane sve veličine kod spajanja i prekidanja iste, imamo:

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{0,4\pi w F}{l} \cdot \frac{di}{dt}$$

Umetnemo li ovu jednu u vrijednost za e , dobijemo:

$$e = - \frac{0,4\pi w^2 F}{l} \cdot \frac{di}{dt} \cdot 10^{-8} = -w^2 \lambda \cdot 10^{-8} \frac{di}{dt} \text{ Volt.}$$

Stavimo li $\frac{0,4\pi w^2 F}{l} \cdot 10^{-8} = L_1 = w^2 \lambda \cdot 10^{-8}$ (65)
dobijemo:

$$e = - L_1 \frac{di}{dt} \text{ Volta} \quad (66)$$

L_1 je koeficijent samoindukcije.

Jedinicu induktivitete imade onaj svitak, u kojem se proizvodi napon od 1 Volta, ako se struja u 1 sekundi

jednoliko promijeni za 1 Amper. Ovu jedinicu zovemo 1 Henry. Absolutna jedinica je 1 cm, a praktična (kao otpor)

$$1 \text{ H} = 10^9 \text{ cm} \quad (67)$$

Za dugi svitak malenoga promjera ima L vrijednost:

$$L = \frac{0,4\pi \cdot w^2 \cdot l}{l} \cdot 10^{-8} \text{ H} \quad (68a)$$

Kalazi li se željezo unutar svitka, onda je:

$$L = \frac{0,4\pi \mu \cdot w^2 \cdot l}{l} \cdot 10^{-8} \text{ H} \quad (68b)$$

Kod konstantne struje i je po Ohmovom zakonu za magnetizam $\Phi = i \cdot w \cdot l$. Jednadžba 65: $L = w^2 \lambda \cdot 10^{-8}$ može se onda pretvoriti u:

$$L = \frac{\Phi}{i} \cdot w \cdot 10^{-8} \text{ H} \quad (69)$$

$w\Phi$ je spoj toka (savojina). (Flussverkehtung). Ako je struja $i = 1 \text{ Amp.}$ vrijedi: Induktivitet u H. jednaka je 10^{-8} puta spoj toka kod struje 1 Amp. t.j.

$$L = w \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \text{ H} \quad (70)$$

Za cilindrične svitke (radio svitke) bez željeza može se koeficijent samoindukcije sa dostatnom točnošću računati po jedu. 68.a). L u cm slijedi onda iz:

$$L = \frac{\pi^2 w^2 \cdot d_m^2}{l} \text{ cm} \quad (71)$$

Ako je razmjer $\frac{l}{d_m} < 10$ mora se izračunati ta vrijednost još multiplicirati sa faktorom f kojega daje za razne razmjere $\frac{l}{d_m}$ tabela 1.

$$L = f \cdot \frac{\pi^2 w^2 d_m^2}{l} \text{ cm.}$$

Tabela: 1.

Faktor f.

$l: d_m$	f	$l: d_m$	f	$l: d_m$	f	$l: d_m$	f
0,01	0,035	0,15	0,262	0,80	0,638	3,00	0,874
0,02	062	0,20	315	0,90	665	3,50	891
0,03	084	0,25	362	1,00	688	4,00	909
0,04	104	0,30	403	1,25	735	4,50	912
0,05	123	0,35	440	1,50	771	5,00	920
0,06	141	0,40	471	1,75	798	6,00	932
0,07	158	0,45	498	2,00	818	7,00	941
0,08	174	0,50	526	2,25	835	8,00	948
0,09	189	0,60	559	2,50	850	9,00	954
0,10	203	0,70	606	2,75	863	10,00	959

Imademo li uske svitke / Flach - Schlitz - oder Korb - Spule / sa više slojeva jedan nad drugim, vrijedi jednačina:

$$L = f \cdot \frac{\pi^2 \cdot w^2 \cdot d_m^2}{t} \text{ om} \quad (71a)$$

gdje je „t“ visina / odu dubina / svitka u cm.
Ako su zavoji cilindričnih svitaka tačno je „dan do drugoga motani, mogu se upotrijebiti“
ti sljedeće jednačine:

$$L = f \cdot \frac{l_a \cdot l_w}{d_d} \text{ em} \cdot \text{ ili } L = f \frac{l_d^2}{t} \quad (71b)$$

l_a = čitava dužina žice u cm ; l_w = dužina red, njeg zavoja, d_d = debljina izolirane žice u om.

Za kvadratišnu antenu, sa dužinom strana K u cm, dužinom namotaja l u cm te brojem zavoja w vrijedi:

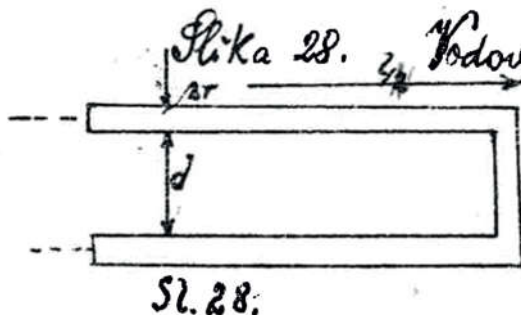
$$L = f' \cdot \frac{4\pi \cdot w^2 \cdot K^2}{l} \text{ em} \quad (71c)$$

Faktor: f' sljedeći iz tabele 2 za različite razmjere: $\frac{K}{L}$

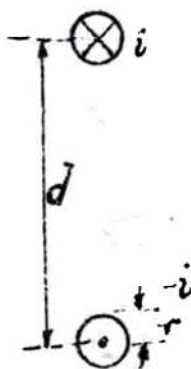
Tabela 2.

$K:L$	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50
f'	0,305	0,232	0,192	0,150	0,118	0,099	0,083	0,064	0,051

a.) Koeficijent L dviju paralelnih vodova.



Sl. 28.



Sl. 29.

Ako govorimo o induktivitetu voda, treba spomenuti, da se uvijek tu radi o induktivitetu petlje, a ne o induktivitetu jednog voda ili njegovog dijela.

Petlja se sastoji iz dviju dugih okruglih žica dužine $l \text{ km} = l \cdot 10^5 \text{ cm}$, poluprijeka $r \text{ cm}$ u međusobnoj udaljenosti $d \text{ cm}$.

Žica je iz bakra. Teče li istosmjerna struja I

samo kroz jedan od ovih vodova, onda je od petlje obuhvaćeni tok prema jednačini 84:

$$\Phi = 0,2 I \cdot l \cdot \ln \frac{d}{r} \cdot 10^5 \text{ Maxwella}$$

Teče li struja I u jednom vodu onamo, a u drugom natrag, onda je tok dva puta veći. Induktivitet, ta L petlje u Henrijima jednaka je: 10^{-8} puta

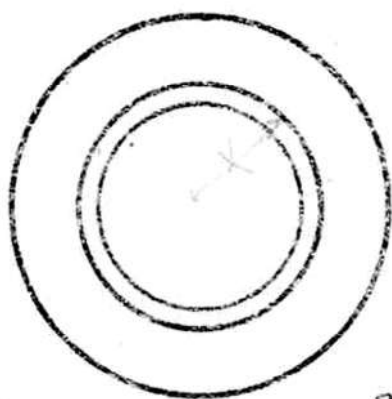
spoj toka kod struje od 1 Amp. ili 10^{-2} puta obu-
hvaćeni tok kod struje 1 Amp. / Vidi jednadžbu 30. /

Prema tome:

$$L' = 0,4 l \cdot \ln \frac{d}{r} \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} = 4 \ln \frac{d}{r} l \cdot 10^{-4} \text{ Henry}$$

l je polovica totalne dužine = vod tamo ili natrag.

Induktivitet, koji smo izračunali je prouzro-
čena od polja u kraku. Dodati moramo još indukti-
viteta radi polja u vodiču. Da ju možemo izračuna-
ti zamislimo si, da je gustoća struje u čitavom vo-
diču jednolika. Kod jakosti struje 1 Amp. je po
sluci 30. proticanje t.j.



Sl. 30.

obuhvaćeni broj ampera,
koja od kruga polunijera
i cm jednak: $1 \cdot \frac{x^2 \pi}{r^2 \pi} = \frac{x^2}{r^2}$
Označi li J (induktivitet)
intenzitet polja na opsegu
kruga, onda veli zakon
proticanja:

$$2\pi x \cdot J = 0,4\pi \frac{x^2}{r^2} \quad J = 0,2 \frac{x^2}{r^2} \quad | i = 1 \text{ Amp} |$$

Zicu pretpostavimo iz materijala permeabilite $\mu = 1$.
Onda je $J = L$. Kroz površinu širine dx cm i
dužine $l \cdot 10^5$ cm prolazi tok:

$$d\phi = J l \cdot 10^5 \cdot dx \text{ Maxwella.}$$

Spoj toka sa strujom, t.j. produkt iz toka i obuhva-
ćene struje / jakost 1 Amp / je

$$d\phi \cdot \frac{x^2}{r^2} = J l \cdot 10^5 dx \cdot \frac{x^2}{r^2}$$

Imaginemo li za J vrijednost, koju smo izračunali
pomoću zakona proticanja, te integriramo u gran-

camo 0 i $\frac{1}{2}$, podvostručimo onda radi drugog voda dobivemo rezultat, te umnožimo još sa 10^{-8} , dobimo 10^{-8} puta spoj toka Rod jakosti struje 1 amp.

$$L'' = 2 \cdot 10^{-8} \int_0^{\frac{1}{2}} \frac{x}{x^2} \cdot l \cdot 10^5 \cdot dx \cdot \frac{x^2}{x^2} = 0,4 l \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\frac{1}{4}} \cdot \frac{x^2}{4} \Big|_0^{\frac{1}{2}} = l \cdot 10^{-4}$$

Izračun induktiviteta:

$$L_1 = L' + L'' = (4 \ln \frac{d}{r} + 1) l \cdot 10^{-4} \text{ Henry} \quad (72)$$

l je ovdje polovica citave dužine. Oznaci li l'' totalnu dužinu (tamo i natrag) voda, moramo još rezultat podijeliti sa 2, t.j

$$L = l \cdot 10^{-4} (2 \ln \frac{d}{r} + 0,5) \text{ Henry} \quad (73)$$

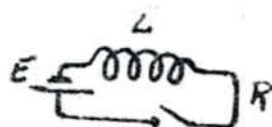
Umnožimo li naravno le sa 2,303 pretvoriti se u Briggs-ov

$$L = l \cdot 10^{-4} (4,606 \log \frac{d}{r} + 0,5) \text{ Henry} \quad (73a)$$

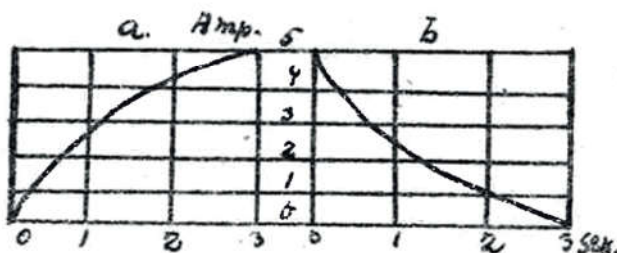
Tabela 3. sadrži L u Henryjima za dužinu 1 km.
Tabela 3.

$r =$	$d = 25 \text{ cm.}$	$d = 50 \text{ cm.}$	$d = 75 \text{ cm.}$	$d = 100 \text{ cm.}$	$d = 150 \text{ cm.}$	$d = 200 \text{ cm.}$
0,5 mm	0,001292	0,001431	0,001512	0,001570	0,001645	0,001705
1 "	1155	1282	1372	1431	1514	1570
1,5 "	1070	1209	1292	1348	1430	1487
2 "	1017	1155	1240	1292	1372	1430
2,5 "	0970	1110	1190	1247	1329	1386
3 "	0934	1070	1150	1219	1292	1346
3,5 "	0905	1040	1129	1183	1263	1320
4 "	0877	1017	1087	1155	1226	1292
4,5 "	0850	0990	1070	1127	1212	1270
5 "	0832	0971	1052	1110	1191	1249

B.) Postupci izjednačenja.



Sl. 31



Sl. 32.

Isvitak sa koefici-
jentom samoindukci-
je L priključimo na
el. m. silu: E . Otpor
zatvorenog kruga je R .
Slika 31. - Traži se
jakost struje t sek
poslije spajanja struje.
Kod spajanja raste
struja po slici 32 a.)
a kod prekidanja ih
prestanaka napona pa
da struja po sl 32 b.)

U oba slučaja bila je napetost 10 Volta. $R=2\Omega$
 $L=2H$. Slika b je slika zrcala slike krivulje a.
Vrem struje sa vremenom t dobimo sljedećim pro-
matranjem.

Označi li " i " traženu jakost struje, onda
vrijedi po Ohmovom zakonu:

$$i = \frac{E - L \frac{di}{dt}}{R} \quad \text{ili} \quad iR = E - L \frac{di}{dt} \quad \text{odn} \quad L \frac{di}{dt} + iR = E \quad (I)$$

Stavimo $i = uv$, onda je $\frac{di}{dt} = u \frac{dv}{dt} + v \frac{du}{dt}$ te:

$$L \cdot u \cdot \frac{dv}{dt} + L v \cdot \frac{du}{dt} + uvR = E \quad \text{ili}$$

$$u \cdot (L \frac{dv}{dt} + v \cdot R) + L v \frac{du}{dt} = E \quad (II)$$

v odaberemo tako, da je izraz u zagradi = 0

$$L \frac{dv}{dt} + vR = 0$$

(a)

Prema tome je:

$$\frac{dv}{v} = -\frac{R}{L} dt \quad \text{te} \quad \int \frac{dv}{v} = -\int \frac{R}{L} dt \quad \text{odnosno} \quad \ln v = -\frac{R}{L} t$$

je e baza naravnih logaritama = 2,71828... vredi

$$v = e^{-\frac{R}{L} t} \quad (11)$$

Vrijednost $t = \frac{L}{R}$ zovemo vremenskom konstantom (Zeitkonstante)

Jednadžba II. i III. dade s obzirom na a.)

$$L \cdot e^{-\frac{R}{L} t} \cdot \frac{du}{dt} = E \quad \text{ili} \quad du = \frac{E}{L} e^{\frac{R}{L} t} dt$$

Integriranjem dobimo: $u = \frac{E}{L} \cdot e^{\frac{R}{L} t} \cdot \frac{L}{R} + K \quad (12)$

Iz jednadžbe III i IV. slijedi

$$i = uv = \left(\frac{E}{R} \cdot e^{\frac{R}{L} t} + K \right) \cdot e^{-\frac{R}{L} t} \quad \text{ili} \quad i = \frac{E}{R} + K e^{-\frac{R}{L} t} \quad (13)$$

Za spajanje struje vrijedi: $t=0 \quad i=0$ dakle:

$$0 = \frac{E}{R} + K \cdot e^{-\frac{R}{L} \cdot 0} = \frac{E}{R} + K \quad K = -\frac{E}{R}$$

$$i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L} t}) \quad (14)$$

Faktor $\frac{R}{L}$ zove se faktor pridušenja.

Stavimo $t = \frac{L}{R}$, dobimo: $i = \frac{E}{R} (1 - \frac{1}{2,718}) = 0,63 \frac{E}{R}$
 Vremenska konstanta određuje u tom slučaju vrijeme, u kojemu naraste struja do 0,63 konačne vrijednosti.

Za prekidanje vrijedi: Konačna vrijednost $\frac{E}{R} = 0$ prema tome obzirom na $i = \frac{E}{R} + K \cdot e^{-\frac{R}{L} t}$

$$i = K \cdot e^{-\frac{R}{L} t} \quad (15)$$

Za vrijeme $t=0$ je $i = \frac{E}{R}$. Umetnemo ovu vrijednost u jednadžbu 15.) dobimo:

$$K = \frac{E}{R} \quad \text{odn} \quad i = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{R}{L} t} \quad (16)$$

Za $t = \frac{L}{R}$ je $i = \frac{E}{R} \cdot e^{-1} = 0,37 \frac{E}{R}$. Vremenska konstanta određuje sada vrijeme, u kojem padne struja do 0,37 početne vrijednosti $\frac{E}{R}$.

Radnja, koju treba trošiti, da postigne jakost struje kod spajanja konačnu vrijednost: $\frac{E}{R} = I$ dobimo iz:

$$A = \int_0^I e i dt = \int_0^I L \frac{di}{dt} i dt = L \int_0^I i di \text{ joule}$$

$$A = \frac{1}{2} L I^2 \text{ joule} \quad (48)$$

Promijeni li se napetost odn jakost struje i to od vrijednosti i_1 na i_2 , onda odgovara ovoj promjeni množina elektricitete:

Dijelimo $e = -L \frac{di}{dt}$ sa R , dobimo:

$$\frac{e}{R} = i = -\frac{L}{R} \frac{di}{dt} \text{ ili } i dt = -\frac{L}{R} di \text{ odnosno:}$$

$$dQ = -\frac{L}{R} di \text{ t.j. } Q = -\int_{i_1}^{i_2} \frac{L}{R} di = \frac{L}{R} (i_1 - i_2) \text{ Coul} \quad (49)$$

Da se prepriječi samoindukcijom: bifilarnu motačku.

13.) Međusobna indukcija.

Namotamo dva svitka na jednu jezgru, jed. noga do drugoga ili preko drugoga, te spojimo strujni provod, promijeni se tok u prvom i drugom svitku. Prema tome nastane i u drugom svitku struja i_2 indukcije, proizročena od el. m. sile

$$e_2 = -\frac{d\phi}{dt} \cdot w_2 \cdot 10^{-8} \text{ Volta}$$

w_2 označi broj zavoja drugoga svitka. Tok proizveden od struje i u solenoidu je:

$$\phi = \frac{4\pi \cdot I}{l} w_1 i_1 \quad \text{odnosno:}$$

$$\frac{0,4\pi n F}{l} \cdot w_1 i_1 = w_2 i_2 \lambda$$

π , w , F te l su konstantne veličine isto tako i μ , ako ispunimo uvjete navedene kod raspravljanja o samoindukciji. Prema tome je:

$$e_{12} = -w_2 \frac{di_1}{dt} \cdot 10^{-8} = -w_1 \cdot w_2 \cdot \lambda \cdot 10^{-8} \cdot \frac{di_1}{dt} \text{ Volta}$$

Stavimo: $M = w_1 w_2 \lambda \cdot 10^{-8} = \frac{0,4\pi n F}{l} \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot 10^{-8}$ ili $\frac{0,4\pi n F}{l} w_1 w_2 10^{-8}$ gdje označuju M Koeficient međusobne indukcije u H, dobimo konačno:

$$e_{12} = -M \frac{di_1}{dt} \text{ Volt} \quad e_{21} = -M \frac{di_2}{dt} \text{ Volt} \quad (81)$$

Ako je otpor sekundarnog kruga r_2 , vrijedi za sekundarni krug $i_2 = \frac{e_2}{r_2} = -\frac{M}{r_2} \frac{di_1}{dt}$ Amp. Kod toga pretpostavljamo, da su sve linije polja primarnog kruga spojene sa svim zavojima sekundarnog. U istini se to ne slaže, jer imamo uvijek rasipanje. Da se ovo rasipanje, što je više moguće umanjiti, mora se sekundarni krug što bliže nad primarnim. U tom slučaju neznačajnog rasipanja vrijedi:

$$e_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt} = -M \frac{di_2}{dt}, \quad e_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} = -M \frac{di_1}{dt} \quad (82)$$

pa je: $M = \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (83)$

Koeficijent međusobne indukcije je geometrička sređena koeficijenta samoindukcije primarnog i sekundarnog svitka, ako nema rasipanja. Jer imademo uvijek neko rasipanje igrari M nešto manje, t.j.:

$$M = \kappa \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (84)$$

$\kappa < 1$ zove se faktor el. magnetskog spoja /Koppelmingsfaktor/.

Ako je spoj čvrst tj. takav, da je rasipanje veoma malo, to je κ skoro = 1. Ako je jedan svitak okomit na drugi, onda je

$$\kappa = 0 \quad M = 0$$

Za spoj u seriji dvaju svitaka sa koef. L_1 i L_2 vrijedi:

$$L_e = L_1 + L_2 \pm 2M \quad (85)$$

+ Ako je smjer struje obih svitaka isti, - ako je suprotan. Za M vrijedi:

$$M = \kappa \cdot \sqrt{L_1 L_2}$$

Ako nema rasipanja, onda je: $M = \sqrt{L_1 L_2}$, te je:

$$L_e = (\sqrt{L_1} \pm \sqrt{L_2})^2 \quad (86)$$

Ovo je temeljna jednačina varijometra.

Ako jedan svitak na drugi nema magnetskog uticaja, onda vrijedi općenito:

$$\begin{array}{l} \text{spoj u seriji} \quad L_e = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n = \sum_{i=1}^n L_i \\ \text{spoj poredno} \quad \frac{1}{L_e} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i} \end{array} \quad (87)$$

Ove sto vrijedi za spajanje struje, vrijedi također i za prekidanje, samo sa razlikom, da se kada tok indukcije izgubi. Inducirana struja imaće kod prekidanja isti smjer, a kod spajanja protivan smjer primarnoj. Ili: inducirana struja ima takav smjer, da nastoji prepriječiti promjenu.
(Lenz-ov zakon.)

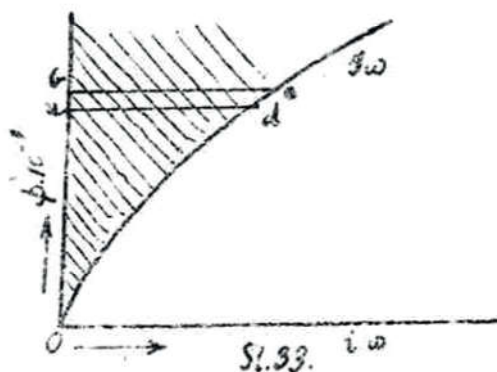
14.) El. radnja i magnetična energija.

Raste li struja u svitku, protivede se napetost, (samoindukcijom) koja suprotno djeluje te prirast uspori. Napon vanjskih stexaljka mora nadvladati napon samoindukcije, on troši u veri sa strujom i vre, menom el. radnje, koja se sabire kao magnetična energija, te se pretvori kod prekidanja struje u toplinu (luk ili iskra).

Struja i u w zavoja neka magnetizira magnetični krug tako, da su svi zavoji w spojeni sa jednakim tokom ϕ . Prirast struje u vremenu dt je di. Tok raste pri tome za d ϕ , u svitku in, linirana napetost je $e = -w \frac{d\phi}{dt} \cdot 10^{-8}$ Volta. Radnja svitka. Kako je već poznato

$$dA = eiddt = -iw \frac{d\phi}{dt} dt \cdot 10^{-8} = -iw d\phi \cdot 10^{-8} \text{ joula.}$$

Kod prirasta struje te toka ϕ imaju i te d ϕ isti predznak, radnja je negativna, bit će dakle trošena od vanjskog izvora napetosti, te sabrana kao magnetička energija. Pada li struja te tok ϕ , imaju i te d ϕ protivni predznak, od svitka trošena radnja je pozitivna. Iritak dobavlja radnja, magnetična energija, koja je prije bila sabrana sasvim se istraši.



Struja neka raste od nule do vrijednosti I. Momenta, na vrijednosti od iw crtamo u sl 33. Kao aps, cise, a momentane vrijed, nosti $\phi \cdot 10^{-8}$ kao ordinate. Onda je dovedena el radnja: $iw d\phi \cdot 10^{-8}$ jedna, Ka uskoj plastini: abed.

litava radnja do konučne vrijednosti I jed,
naka je ispruganoj površini i to prema jed,
nadžbi

$$A = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} I \cdot w \phi \cdot 10^{-8} \text{ joule} \quad (88)$$

jer je po jedu Φ :

$$L = \frac{\Phi}{I} \cdot w \cdot 10^{-8} \text{ Henry.}$$

Pri tome vrijedi uvjet, da je permeabiliteta μ kon-
stantna t.j. neovisna o indukciji.

Ovisnost magnetične energije o intenziteti
I odnoso indukciji Φ , možemo naći na slij,
deći način:

Željezni štap neka ima presjek $F \text{ cm}^2$ i dužinu
 $l \text{ cm}$. Pomocu $I \cdot w$ amperkavoja magnetiziramo
štap jednoliko na citavoj dužini. Onda je za
kojegod vrijeme ukopčanja — momentane vrijedno-
sti: Φ , L i —

$$\Phi = L I \quad i = \frac{L \cdot l}{0,4\pi w}$$

Umetnemo li ove vrijednosti u jednadžbu:

$$A = \int i w d\Phi \cdot 10^{-8} \text{ joule}$$

onda je magnetična energija u promatranom
vremenu s obzirom na $\Phi = L I$ t.j. $d\Phi = dL I$

$$A = \int_0^L \frac{L dL}{0,4\pi} l \cdot I \cdot 10^{-8} \text{ joule}$$

1 Joule = 10^7 erga, $l \cdot I$ je magnetizirani prostor u cm^3
Energija za jedinicu volumena, ili gustoća energije

$$\sigma = \int_0^L \frac{L dL}{4\pi} \text{ erg/cm}^3 \quad (89)$$

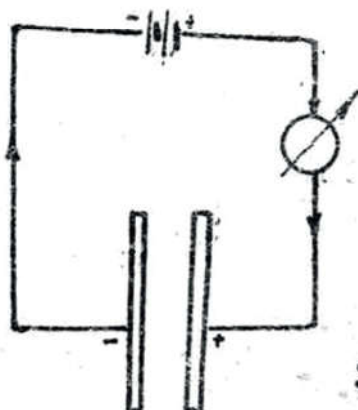
Ako je magnetiziranje nejednoliko, treba promatra,

ni volumen isprati tako malen, da još vrijedi ova jednačina. Ako je permeabilnosta μ nepromjenljiva, dobimo:

$$\sigma = \int_0^L \frac{L dL}{\mu \cdot 4\pi} = \frac{L^2}{8\pi\mu} = \frac{L \cdot L}{8\pi} \text{ Erg/cm}^2 \quad (90)$$

15.) Električno polje.

Nabijemo kondenzator - slika 34. - teče od + staze, ke izvora struje + elektriciteta k desnoj ploči, od negativne staze negativna k lijevoj ploči,



Sr. 34.

sto je isto, kao da bi + elektriciteta tekla od lijeve ploče k izvoru struje natrag. Prema tome možemo si predočiti zatvoreni krug, u kojem teče struja, i ako je prekinut.

Faktična struja u dovodu ima nastavak u dielektrikumu - Pomaćna struja: Verschiebungsstrom - Ako je naboj dovršen je također pomaćna struja = 0.

Mjerilom mjerimo umožinu elektricitete kod nabijanja ili izbijanja Kondenzatora. Ovu umožinu dijelimo sa ploštinom okomito na površinu prolazećom pomaćnom strujom u dielektrikumu te dobimo električnu indukciju ili pomaćnu struju u Coulombima/cm² = D

Električna indukcija ima slično magnetskoj u prostoru određeni smjer, koji pada zajedno sa smjerom intenziteta

Tok električne indukcije ili pomaćni tok je produkt iz površine i na površinu okomite komponente indukcije. Tok indukcije je bez izvora. Vidi ista svojstva kod magnetične indukcije.

Indukcija se mjeri u Coul/cm^2 , jedinica indukcije je dakle 1 Coulomb ($10^{-6} \text{ Coul} = 1 \text{ microcoul}$)

Ako je $\mathcal{D}$ indukcija, a kut okomice na $d\mathcal{F}$, onda je tok indukcije: Q

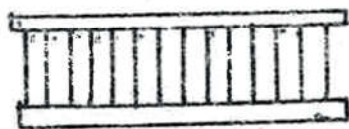
$$Q = \int \mathcal{D} d\mathcal{F} \cos \alpha \text{ Coul} \quad (91)$$

Pomaćna struja, ili promjena množine elektricitete u jedinici vremena - 1 sek - određena je jednačinom:

$$i = \frac{dQ}{dt} \quad (92)$$

Ova struja djeluje isto tako, kao struja u zatvorenom krugu.

Kod pločastog kondenzatora su crte električnog polja prema slici 35. svu, da paralelne rubove zanemari, timo / Indukcija $\mathcal{D}$ je onda svuda jednaka, tok ili m, boj stijedi iz



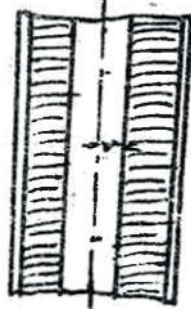
Sl. 35.

$$Q = \mathcal{D} \cdot \mathcal{F} \quad (93)$$

gdje je $\mathcal{F}$ ploština u cm^2 . Ako je n.pr. $\mathcal{F} = 100 \text{ cm}^2$, $Q = 3 \text{ microcoul.} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Coul}$, onda je d. indukcija u dielektrikum $\mathcal{D} = \frac{3 \cdot 10^{-6}}{100} = 0,03 \cdot 10^{-6} \text{ Coul/cm}^2$.

Za Kondenzator iz paralelnih cijevi / kabel /

Sl. 36.



sl. 36. imamo istu sliku indukcije - rubove zanemarimo. Označi li l dužinu kondenzatora, i to u cm, i polu, mjer valjaka u cm, onda je

plošina $F = 2\pi r \cdot l$. Za tok ili naboj Q je induk-
cija u udaljenosti r od osi

$$J = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{2\pi r \cdot l} \text{ Coul/cm}^2 \quad (94)$$

N.pr. $l = 2 \text{ km} = 2 \cdot 10^5 \text{ cm}$, vanjski promjer unutarnjeg vo-
da $2r = 2 \text{ cm}$ $Q = 0,0025 \text{ Coul}$. Indukcija na površi
ni unutarnjeg voda $J = \frac{Q}{2\pi r \cdot l} = \frac{0,0025}{2 \cdot 1,57 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,002 \cdot 10^{-6} \text{ Coul/cm}^2$

Jednadžba 94. vrijedi također za indukciju u
udaljenosti r od ravnoga, beskonačno tankog voda.

Za kondenzator u obliku kugle je indukcija
u udaljenosti r cm od središta:

$$J = \frac{Q}{4\pi r^2} \text{ Coul/cm}^2 \quad (95)$$

Jednadžba vrijedi također za indukciju u udaljenosti
 r cm od točkove množine elektricitete Q Coul u
jednolikom mediju, ako pretpostavimo, da nemamo u
blizini vodiče, koji bi smetali jednolikoj raspodjeli.

Elektricitetom nabita tijela djeluju jedno na
drugo silom, koju odredi Coul. zakon.

$$P = \pm \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \text{ Dina} \quad (96)$$

Ako su množine Q_1 i Q_2 istoga predznaka imamo odbi-
janje, imaju li Q_1 i Q_2 suprotni predznak, imamo
privlačenje. κ ili ϵ je bezdimenzionalni faktor,
koji uračuna električna svojstva raspore. Mićemo
li elektricitetom nabit vodič u električnom polju, mo-
ramo trošiti mehaničku radnju. Radnja je pozitivna,
dok je micanje suprotno sili polja na vodič. Kao
i kod micanja pola u magnetnom polju je radnja ne-
ovisna o putu, te je određena samo početnom i konačnom
točkom. Prema tome imaju također električno polje potu-
cijal, koji je u svakoj točki polja određen radnjom, koju

Treba trošiti, da se pozitivna jedinica dovede iz beskonačnosti do ove točke.

Raduju, koji moramo trošiti kod gibanja jedinice elektricitete između dviju tačaka jednaka je potencijalnoj diferenciji ili napetosti. Mjerimo li raduju u furlima, te umnožimo u Coul, dobimo napetost u Voltima. Ako je udaljenost beskonačno malena, te dijelimo li potrebnu raduju kroz ovu udaljenost, dobimo jakost ili intenzitet električnog polja. Ova je jakost prema tome određena pojmom električne napetosti za jedinicu dužine. Mjerimo ju u Volt/cm. Omuči li dE na, jon u Voltima, dl dužinu u cm, onda je jakost električnog polja:

$$\mathcal{E} = \frac{dE}{dl} \text{ Volt/cm} \quad (97)$$

Ako je n. pr. udaljenost ploča pločastog Kondenzatora $l = 0,1 \text{ cm}$ te napon 110 Volta, onda je jakost polja u dielektrikumu jednaka napetosti za jedinicu dužine: $\mathcal{E} = \frac{E}{l} = \frac{110}{0,1} = 1100 \text{ Volta/cm}$. Velikina ploče i tvar, koja tvori dielektrikum ne dolaze u obzir. Jedn. 97 vri, jedn. također i za vodove, kroz koje prolazi el. struja.

Jer je raduju za jedinicu dužine jednaka sila, možemo jakost polja definirati kao silu na jedinicu množime u jedinici udaljenosti:

Mjerimo li u tom slučaju silu u dinima, množimu u Coul, ne dobijemo intenzitetu u Voltima, nego u jedinici, koji određuje jednadžba:

$$\mathcal{E} = 1 \frac{\text{volt}}{\text{cm}} = \frac{1 \text{ furl}}{\text{Coul} \cdot \text{cm}} = \frac{10^7 \cdot \text{cm} \cdot \text{din}}{\text{Coul} \cdot \text{din}} = \frac{10^7 \text{ din}}{\text{Coul}} \quad (98)$$

Jer se svaka napetost u vodi prve vrste momentano ispušćuje, imaju vodovi u polju uvijek isti potencijal t. j. njihova površina je nivo ploha - sila u svakoj točki voda okomita na površinu.

Prema tome mora biti svaki vod potpuni kratki spoj ka
orte polja. Napetost dviju točaka površine jednaka je
nuli, prema tome također je i polje u unutrašnjosti
jednaka nuli, i ako je vod šupalj. To je ujedno, da
orte polja na jednoj strani svršavaju - ova strana ima
negativan naboj, te na drugoj strani na novo izviru,
koja strana ima + naboj. Ova se pojava označivala prije
kao „influenca“.

Karmjer indukcije i intenzitete ima određenu
vrijednost ne samo u zraku, nego također i za svaki drugi
dielektrikum. Jednaki sledi iz statične, apsolutne - i jedi-
nice Coul.

Statična jedinica je množina elektricitete, ko-
ja djeluje u zraku na jednaku množinu silom 1 Dina, i
to u udaljenosti 1 cm.

Apsolutna jedinica je množina elektricitete, koja
dade radnju 1 Erg, ako je napetost jednaka apsolutnoj
jedinici. Ova jedinica je $3 \cdot 10^{10}$ puta veća nego statična.

1 Coulomb je množina elektricitete, koja da-
de radnju 1 Joule = 10^7 Erga, ako je napetost 1 Volt =
 10^8 aps. jedinica. Prema tome vrijedi 1 Coul = $10^7 \cdot 10^{-8}$
 10^{-1} aps. jedinica = $10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{10}$ statič. jedinica = $10^{-1} \cdot v$
stat jedinica. $|v| = 3 \cdot 10^{10}$ cm = brzina svjetla |.

Sila, kojom djeluje 1 Coul na 1 Coul u uda-
ljenosti 1 cm je onda $(10^{-1} \cdot v)^2$ dina, intenziteta po-
lja je dakle $10^{-2} v^2$ dina/coul. Ispravimo li intenzite-
tu u Volt/cm dobimo prema jednadžbi 98

$$f = 10^{-7} \cdot v^2 \cdot 10^{-2} = v^2 \cdot 10^{-9} \text{ Volt/cm} \quad (99)$$

Tok iz jedinice množine jedan Coul, jednak je
jedinici. Kod magnetizma 4π f. Indukcija na
površini kugle polumjera 1 cm - ako se u središtu

Kugle nalazi množina 1 Coul. — jeste :

$$D = \frac{1 \text{ Coul}}{4\pi \text{ cm}^2} \quad (100)$$

To je dakle indukcija u udaljenosti 1 cm od jedi-
nice množine. Za vrak dobimo prema tome općeni,
to :

$$\frac{D}{\ell} = \frac{10^9}{4\pi v^2} \quad \text{ili} \quad D = \frac{10^9}{4\pi v^2} \cdot \ell \frac{\text{Coul}}{\text{cm}^2} \quad (101)$$

Nabijemo n. pr. pločasti Kondenzator - dielektričnom vrak -
 $l = 0,1 \text{ cm}$ do napona 100 Volta, onda je intenziteta
polja ili napon za 1 cm $\ell = \frac{E}{\ell} = 1000 \text{ Volt/cm}$. Induk-
cija ili tok kroz jedinicu površine $D = \frac{10^9}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{20}} \cdot 1000 =$
 $= 8,9 \cdot 10^{-11} \text{ Coul/cm}^2$. Nadomjestimo li vrak sa drugim
dielektričnom, dobimo za istu intenziteta κ puta
veću indukciju. N. pr. za parafin je $\kappa = 2$, staklo
 $\kappa = 5,5 \div 9$ itd. Za koji god dielektričnom vrijedi opće,
nito :

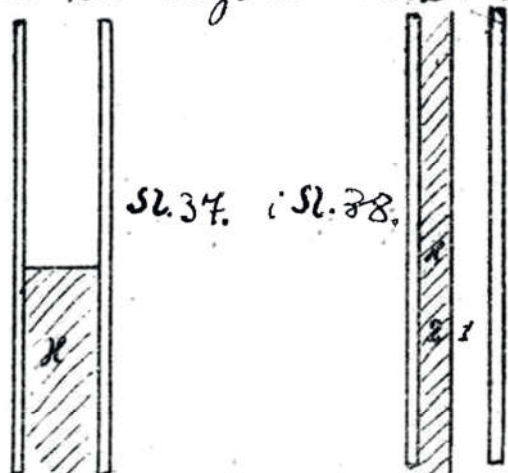
$$D = \frac{10^9 \cdot \kappa}{4\pi \cdot v^2} \cdot \ell \frac{\text{Coul}}{\text{cm}^2} \quad (102)$$

κ se zove dielektrična Konstanta, te imamo za :

vrak	1
parafin	$1,9 \div 2,3$
papir (parafiniran)	2
efonit i torđa guma	$2 \div 3$
bakelit izolacija	$2,5 \div 4,3$
ulje (prve vrste)	$3 \div 5$
tinjaci	$4 \div 8$
lucavit	$5 \div 6$
staklo (prema vrsti)	$5 \div 12$

Imade li raspor kao u slici 37. za svaku polo-
vicu drugu konstantu n. pr. vrak i κ , onda je
napetost i jakost polja za obje polovice ista, induk-

cija za polovicu sa diel. konstantom κ jeste κ puta tolika nego u zraku. Razdijelimo raspor po slici 38.



onda je indukcija svuda jednaka, ali je intenzitet u dielektrikum κ puta manja.

$$E_1 : E_2 = \kappa$$

Opcenito vrijedi:

$$C = \frac{4\pi}{\kappa_1 + \frac{l_2}{\kappa_2} + \frac{l_3}{\kappa_3} \dots} \quad (103)$$

ako se raspor sastoji iz razlicitih medija debljine $l_1, l_2 \dots$ te dielektr. konstanta $\kappa_1, \kappa_2, \dots$

Time, da smo u slici 38. umetnuli dielektrikum κ , povedali smo jakost polja u zraku:

$$2\kappa : (1 + \kappa) \text{ puta}$$

ako je debljina 1 jednaka debljini 2.

Ohmov zakon za magnetični krug možemo i ovdje upotrebiti. κ odgovara veličini μ .

16.) Kapaciteta.

Pravimjer množine elektricitete (toka) i napetosti zovemo kapacitetu C . Ako je E napon u Voltima, onda vrijedi:

$$Q = C \cdot E \text{ Coul.}$$

104

Jedinicu kapacitete ima kondenzator sa tokom kroz plostinu 1 Coul, ako je napon 1 Volt. / Množina 1 Coul. Rod napetosti 1 Volt. / Cou jedinicu zovemo Farad. Farad je dakle Kapaciteta kondenzatora, kojega na bje 1 Amper-sek na napetost 1 Volt.

1 mikrofarad (μF) = $10^{-6} F$

Za pločasti kondenzator, ploština $F \text{ cm}^2$, udaljenost ploča $l \text{ cm}$ je $Q = \mathcal{E} \cdot F$, te $E = \frac{Q}{F \cdot l}$.

Prema tome

$$C = \frac{Q}{E} = \frac{\mathcal{E} \cdot F}{\frac{Q}{F \cdot l}} = \frac{10^9 \kappa \cdot F}{4\pi \cdot l} \text{ Farada} \quad (105)$$

Hoćemo li kapaciteta dobiti u om, moramo dijeliti sa $\frac{10^9}{v^2}$, prema tome:

$$C_{\text{om}} = \frac{\kappa \cdot F}{4\pi l} \quad F \text{ u cm}^2 \quad l \text{ u cm} \quad (105a)$$

Jednadžba 104 nije drugo, nego Ohmov zakon za električni tok. $\mathcal{E}$ je dielektrična vodljivost za el. tok. Isto se vidi također iz jednadžbe 105. Recin, proćna vrijednost kapaciteta tj $\frac{1}{C}$ predstavlja nam prema tome dielektrični otpor.

Sastoji li se pločasti kondenzator iz n ploča onda vrijedi:

$$C = \frac{10^9}{v^2} \cdot \kappa \cdot \frac{n \cdot F}{4\pi l} \text{ Farad.} \quad (105b)$$

gdje f označi ploštinu jedne ploče.

Kapaciteta Kabela: dva koncentrična (Kabela) valjka iste dužine $l \text{ cm}$, unutarnji promjer vanjskog valjka $d_a \text{ cm}$, vanjski promjer unutarnjeg valjka $d_i \text{ cm}$

$$C = \frac{10^9}{v^2} \cdot \kappa \cdot \frac{l}{2 \cdot \ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right)} = \frac{10^9}{v^2} \cdot \kappa \cdot \frac{0,217 \cdot l}{\log\left(\frac{d_a}{d_i}\right)} \text{ Far} \quad (106)$$

Kapaciteta voda dužine $l \text{ cm}$, promjera $d \text{ cm}$ u udaljenosti $h \text{ cm}$ od zemlje (paralelno K Zemlji)
Neka je $d \ll h$

$$C = \kappa \cdot \frac{l}{2 \ln\left(\frac{4h}{d}\right)} = \kappa \cdot \frac{0,217 \cdot l}{\log\left(\frac{4h}{d}\right)} \text{ cm} \quad (107)$$

Kapaciteta dalekog voda: dvije žice međusobna udaljenost a cm, žice paralelne, istoga promjera d cm iste dužine l cm /d bitno manje od a , uticaj zemlje ne uzimamo /

$$C = K \cdot \frac{l}{4 \ln \left(\frac{2a}{d} \right)} = K \cdot \frac{0,108 l}{\log \left(\frac{2a}{d} \right)} \text{ cm} \quad (108)$$

Serijski spoj Kondenzatora: U seriji spojeni Kon.,
kondenzatori $C_1, C_2, C_3, \dots$ biti će kod iste
struje nabijanja u jednakom vremenu nabiti istom
množinom elektricitete.

Ako su $e_1, e_2, e_3, \dots$ pojedini napori pojedinih
kondenzatora, to vrijedi: $Q = C_1 e_1 = C_2 e_2 = C_3 e_3 = \dots$
 $= CE$. Prema tome: $e_1 = \frac{C}{C_1} E$ $e_2 = \frac{C}{C_2} E$ $\dots$
Jer je $E = e_1 + e_2 + e_3 + \dots$ dobimo:

$$E = \frac{C}{C_1} E + \frac{C}{C_2} E + \frac{C}{C_3} E + \dots \text{ odnosno:}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots = \sum_1^n \left(\frac{1}{C} \right) \quad (109)$$

C je prema tome manji nego najmanja Kapaciteta
u spoju.

Paralelni spoj Kondenzatora: Paralelno spojeni
Kondenzatori biti će nabiti istim naponom E ,
naboj odgovara dakle Kapaciteti:

$$Q_1 = C_1 E \quad Q_2 = C_2 E \quad Q_3 = C_3 E \quad \dots \text{ odnosno}$$

$$Q = CE = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = C_1 E + C_2 E + C_3 E + \dots$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots = \sum_1^n (C) \quad (110)$$

Kao u magnetskom polju, sakupljena je također u električnom polju energija, koju se trošilo za proiz. radnju toga polja, te koju se energiju opet dobi u pot. punom iznosu, ako se polje izgubi i to u obliku topl. ne (iskra, luk) Udržavanje polja ne troši isto tako kao kod magnetskog polja mika Rove energije.

Za vrijeme dt od Kondenzatora primljena množina elektricitete je:

$$dQ = i dt$$

Radnja dobimo, ako množimo sa odgovarajućim naponom Kondenzatora e , t.j.

$$dA = e i dt \text{ Joule}$$

Iz jednačine $i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{de}{dt}$ slijedi $i dt = C de$ t.j.

$$dA = C e de \text{ Joule}$$

Ako je Kondenzator nabit, ima e vrijednost napona stazaljki E , prema tome je sakupljena energija

$$A = C \cdot \int_0^E e de = \frac{CE^2}{2} \text{ Joule} \quad (11)$$

ili s obzirom na $Q = CE$

$$A = \frac{QE}{2} \text{ Joule} \quad (11a)$$

Ako je dielektrikum vak. dobimo ako se polje izgubi totalnu sakupljenu energiju natrag. Druga stvar je kao dielektrikum priđe neki mali dio, koji se u dielektrikumu pretvori u toplinu (historeza)

Za množinu elektricitete, koju može primiti Kondenzator, nabit do napona E poslije t sekunda, vrijedi sljedeća jednačina, što smo ju imali kod rasprave, nja:

$$Q = C \cdot E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ Coul} \quad (12)$$

C = kapaciteta u Faradima, otpor kruga ω u ohmima.

Za $t = \infty$ je $Q = C \cdot E$. Koristim se praktički već u ma-
lenom dijelu sekunde dobije naboj Q . Jer je $\frac{Q}{C} = E$,
možemo pisati namjesto (112):

$$E_c = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{C\omega}}) \text{ Volt} \quad (113)$$

Na napon kondenzatora E_c vrijedi kod izbijanja

$$E_c = E \cdot e^{-\frac{t}{C\omega}}$$

$C\omega$ možemo smatrati vremenskom konstantom
Kapacitivnog kruga. Nakon vremena $t = C\omega$, bit će
kondenzator nabit na 63,2% navedenog napona
 E .

Iz jednačine $Q = I \cdot F$ te $E = \frac{Q}{C}$ slijedi
s obzirom na (114):

$$A = \frac{I^2}{2} \cdot F \cdot l \text{ joula}$$

prema tome gustoća el. energije u prostoru:

$$\sigma = \frac{I^2}{2} \text{ joule/cm}^3$$

17.) Apolutni cgs sistem, dimenzije.

Temeljne jedinice apolutnog [cgs] sistema su:

- a) dužina c - 1 cm -
- b) masa 1 grama [1 $\text{cm}^3 \text{cm}$] vode g
- c) vrijeme 1 sekunda s tj. 86400^{ti} dio srednjeg sunčanog dana.

Iz ovih veličina slijede sve druge, koje označujemo potencijama temeljnih jedinica. Produkt ovih dimenzija zovemo potencija dotične veličine^{*)}

a.) Mehaničke veličine

- 1.) Površina: Jedinica je kvadrat dužine 1 cm
Ploština F je određena: $F = c^2$ dakle:

$$\dim F = c^2$$

- 2.) Volumen: Jedinica je kocka sa stranom 1 cm.

$$\dim V = c^3$$

- 3.) Brzina: Brzina jednoličkog gibanja je put izvršen u 1 sek. Prema tome je
 $v = \text{put} : \text{vreme.}$

$$\dim v = \frac{\dim c}{\dim s} = c s^{-1}$$

- 4.) Ubrzanje: Ubrzanje jednoličko ubrzanog gibanja je prirast brzine u jednoj sek.

^{*)} Može biti: Produkt ovih potencija zovemo dimenzija dotične veličine [dim].

Označi li b ubrzanje, onda je
 $v = b \cdot s$ ili $b = \frac{v}{s}$, prema tome:

$$\dim b = \frac{\dim v}{\dim s} = \frac{c s^{-1}}{s} = c s^{-2}$$

5 4.) Sila. Mehhanika definira silu kao produkt:
 masa $\times$ ubrzanje. Ako P znak sile,
 g znak mase, onda vrijedi:

$$P = g \cdot b$$

Umetnemo $g=1$, $b=1$ onda je i
 $P=1$ t.j: jedinica sile daje masi
 jednog grama (jedinici mase) ubr-
 zanje 1 cm/sec^2 . Ova jedinica zove
 se: din. Upotrebimo li jednadžbu
 $\dim b = c s^{-2}$ dobimo:

$$\dim P = c g s^{-2}$$

1 Kg težina je 1000g, ubrzanje
 je 981 cm/sec^2 pa je $1 \text{ Kg} = 981000 \text{ dina}$.

6) Radnja. Radnja je produkt sila $\times$ put (u
 mjeru sile). Umetnemo za silu 1 din
 za put 1 cm, dobimo:

$$A = 1 \text{ din} \cdot 1 \text{ cm} = 1 \text{ Erg} \quad 10^7 \text{ Erg} = 1 \text{ joule}$$

Erg je radnja, koju se troši, ako djel-
 uje sila 1 din na putu 1 cm. Gi-
 mentrijn radnje dobivamo, ako umetne-
 mo za din dimenziju sile:

$$\dim A = c g s^{-2} \cdot c = c^2 g s^{-2}$$

$$1 \text{ mKg} = 1 \text{ Kg} \times 1 \text{ m} = 981000 \text{ din} \times 100 \text{ cm} = 9,81 \cdot 10^7 \text{ Erg} \\ = 9,81 \text{ joula}$$

7 3.) Toplina:

Jedinicu tvori množina, koja uzvisi temperaturu 1 cm³ vode od 14,5°C do 15,5°C - Gramkalorija
Ekvivalent 1 Kcal = 1000 g Cal je 427,2 Kgm, prema tome:

$$1000 \text{ g Cal} = 427,2 \cdot 9,81 \cdot 10^7 \text{ Erg}$$

$$1 \text{ g Cal} = 0,4272 \cdot 9,81 \cdot 10^7 \text{ Erg}$$

$$10^7 \text{ Erg} = 1 \text{ Joule}$$

dakle:

$$1 \text{ g Cal} = 0,4272 \cdot 9,81 = 4,19083 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Joule} = 0,2387 \text{ g Cal.}$$

Dimenzija topline je ista kao dim radijke t.j.

$$\dim \text{ topline} = 4,19083 \dim A = 4,19083 \text{ c}^2 \text{ g s}^{-2}$$

B.) Magnetične veličine.

1.) Magnetična masa (jakoš pola)

Jedinicu tvori masa, koja djeluje na jednaku masu u jedinici udaljenosti (1cm) silom 1 dina.

$$P = \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ ili za } m_1 = m_2 = m$$

$$P = \frac{m^2}{r^2} \text{ ili } m = r \cdot \sqrt{P}$$

$$\dim m = c \cdot \sqrt{\text{cgs}^{-2}} = c^{\frac{3}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ s}^{-1}$$

2.) Magnetični moment definira jednadžba $M = m \cdot l$ prema tome je:

$$\dim M = c^{\frac{3}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ s}^{-1} \cdot c = c^{\frac{5}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ s}^{-1}$$

- 3) Tok indukcije Φ definiše jednačina $\Phi = 4\pi m$.
 4 i π su brojevi bez dimenzija,
 je, pa je prema tome:

$$\dim \Phi = c^{3/2} g^{1/2} s^{-1}$$

- 4) Indukcija $\mathcal{L}$ - Intenzitet $\mathcal{J}$. Za $\mu=1$ je $\mathcal{J} = \mathcal{L} = \frac{\Phi}{\mathcal{L}}$

$$\dim \mathcal{J} = \dim \mathcal{L} = \frac{\dim \Phi}{\dim \mathcal{L}} = c^{-1/2} g^{1/2} s^{-1} \quad \text{ili} \quad \mathcal{J} = \frac{P}{m}$$

c.) Električne veličine.

- 1) Jakost struje. Po zakonu proticanja je jakost struje po svom biću jednaka magnetskoj napetosti. Imade dakle istu dimenziju: $\dim \mathcal{J} \times \dim l$

$$\dim i = c^{1/2} g^{1/2} s^{-1}$$

Jer je $1 \text{ Amp} = \frac{1}{10} (\text{cgs})$ imamo
 $1 \text{ Amp} = 10^{-1} c^{1/2} g^{1/2} s^{-1}$

- 2) Množina elektriciteta. Teče li struja i , te ako je vreme t sek, onda je $Q = i \cdot t$. Izrazimo li i u cgs izlazi Q u cgs. Imamo li i u Amp sledi Q u Coul. Dimenzija Q dakle: $\dim Q = \dim i \times \dim t$ ili:

$$\dim Q = c^1 g^1$$

$$1 \text{ Coulomb} = 10^{-1} c^{1/2} g^{1/2}$$

- 3.) Elektromotorna sila. Ona definirana jednačinom:

$$e = \mathcal{F} l v \quad (\mathcal{F} l v) \text{ dakle}$$

$$\dim e = \dim \mathcal{F} \cdot \dim l \cdot \dim v$$

$$\dim e = c^{3/2} g^{1/2} s^{-2}$$

Namemo li za definiciju $\mathcal{F}$ pošto

$$e = \frac{d\phi}{dt} \quad \text{tj. tok } \phi \text{ po sek, dobijemo}$$

$$\dim e = \frac{\dim \phi}{\dim t} \quad \text{tj. istu jed.}$$

10^8 ovih jedinica je 1 Volt. Prema tome:
 $1 \text{ Volt} = 10^8 c^{3/2} g^{1/2} s^{-2}$

- 4.) Otpor definira koeficijent iz el. m. sile i jakosti struje
 Dakle:

$$\dim R = \frac{\dim e}{\dim i} = c s^{-1}$$

Otpor ima dakle istu dimenziju kao brzina. Otpor 1Ω definiran je jednačinom:

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ amp}} = \frac{10^8}{10^{-1}} \text{ cgs} = 10^9 \text{ cgs}$$

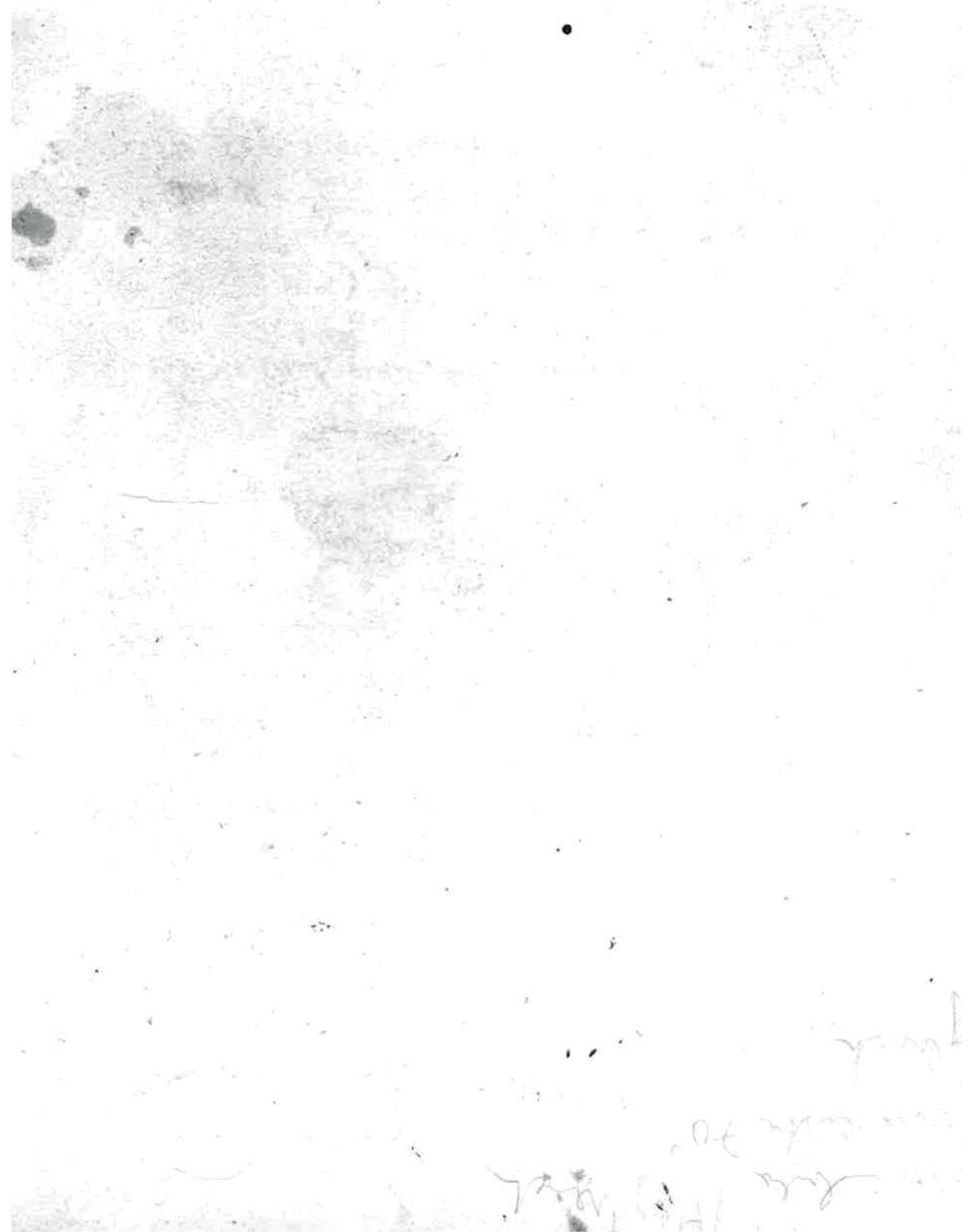
$$1 \Omega = 10^9 \cdot c s^{-1}$$

- 5.) Električna radnja definirana je: $A = e i t$. Dakle

$$\dim A = \dim e \cdot \dim i \cdot \dim t$$

$$\dim A = c^2 g s^{-2}$$

Dakle ista dimenzija kao i za mehaničku radnju. Jedinica je Erg, ako uzmemo za e, i, t cgs jedinice. Ako pak uzmemo



Proračun stroja.

A. Generatori.

1) Glavne mjere.

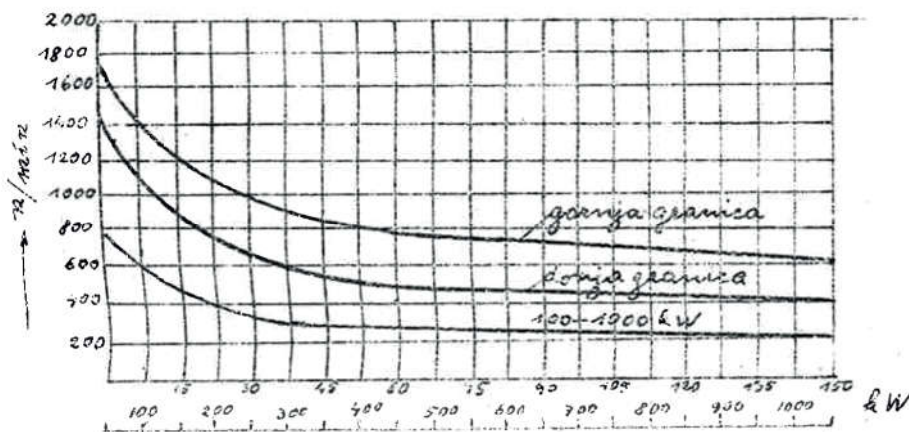
Zadano je: djelovanje N u kW (kilovatima)
napetost strajke U Volta
broj okretaja n /min

Osim toga poznat je spoj magneta i armature / poređni, serijski ili komparativni spoj /. Ako broj okretaja

(n) nije radan može ga se

odabrati iz slike (1), koja vrijedi za obične strojeve.

Gornja krivulja daje približno gornju, a srednja donju granicu za



Sl. 1

strojeve do 100 kW.

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

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

Gubici toplinske struje jesu onda

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

Za EMS vrijedi jednakost

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

Dalje vrijedi:

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

(N_e) su gubici u željezu / vidi V-1; (N_a) su gubici u

bakru (vidi $\bar{V}-2$); (ΔU) je pad napona uslijed prelaznog otpora kufica-lamela kolektora. Za (ΔU) souzima kod

veoma meke ugljene kufice	$\Delta U = 0,4 \div 0,6$ V	} (5)
srednje tvrde	$\Delta U = 0,9 \div 1,1$ V	
vrlo tvrde	$\Delta U = 1,2 \div 1,5$ V	

Približne vrijednosti električnog stepena (η) za razli-
čne veličine dinamostrojeva dane su u tabeli I

Tabela I.

kW	η	kW	η	kW	η	kW	η	kW	η
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 pro-
mjer armature (D) iz jednadžbe

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

gdje je uvršteno (v) u m/sec. Povoljne brzine (v) jesu:

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

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

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

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

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

Razmak polova (τ_p) neka ne bude manji od 25 cm, a niti veći od 50 cm. Za male strojeve dolazi ra (τ_p) i manja jednost u obrir.

Dvopolni konstrukciji upotrijebi se samo za veoma ma-
lena djelovanja te za turbogeneratore. Obrirom na jedno-
stavnost izvedbe namotaja izvađaju shore sve trike veći

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

Primjer (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 $E_a = \frac{2 \cdot \pi \cdot \phi}{a} \cdot 10^{-8} V$ označimo li sa: (Q_L) presjek raspora, (L_L) indukciju u rasporu,

onda je $\phi = L_L \cdot Q_L$

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

$\alpha_i = \frac{z_i}{z_p} = \frac{z_i}{\pi D}$; $z_i = \alpha_i \cdot \frac{\pi D}{2p}$; $Q_L = L \cdot z_i = L \cdot \alpha_i \cdot \frac{\pi D}{2p}$ — ako je dužina stopa $\frac{L}{2p}$ jednaka dužini amature (L). Onda doljije:

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

ako razlomak proširimo sa (πD) onda slijedi

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

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

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

Riješimo ovu jednadžbu po $(D^2 L)$ doljijemo:

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

Netinimo dalje: $\frac{N}{\eta} = k VA \cdot 10^3$ i: djelovanje u

kilo-volt-amperima: $\pi^2 \approx 10$, onda doljijemo

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

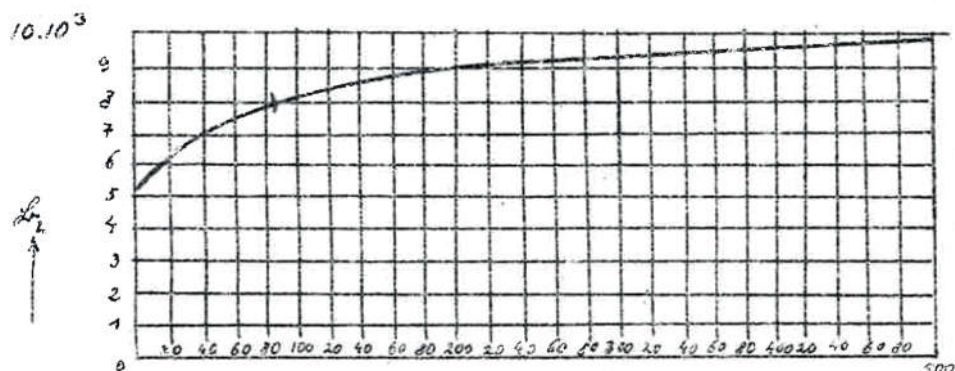
Ovo je kvocijent „konstanta stroja“. Dok je nepromijenjeno (AS) i (L_L) onda je desna strana konstantna veličina.

(L_L) i (AS) su mjere za magnetski električno opterećenje, ili: oni su mjera iskoriscenja stroja. Konstanta stroja je prema tome za stroj karakteristična veličina.

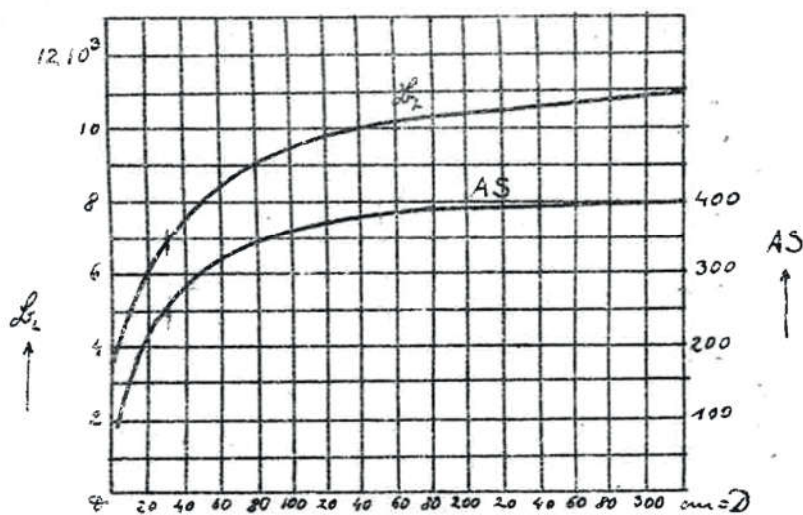
$\alpha_i = \frac{z_i}{z_p}$; vrijednost za (α_i) kreće se za dvopolne strojeve u granicama od 0,6 do 0,7, a za višepolne strojeve od 0,65 do 0,75. Za strojeve bez pomoćnik polova je (α_i) veće; za strojeve sa pomoćnim polovima je (α_i) manje. Prednost velikog (α_i) je u tome, što se kod zadane gustoće (L_L) postigne veliki tok (ϕ) ; ali kod toga postanu uslovi komutacije neugodniji. Kod strojeva bez pomoćnik polova je polje tanjstrnije što je veće (α_i) . Kod strojeva sa pomoćnim polovima ne smije (α_i) biti

preveliko jer li se rasipanje odviše povećalo. Općenito vrijedi: što je razmak (r_p) veći to se može odabrati veće (α_i)

Za indukciju (L_2) vrijedi: za male strojeve $5 \div 7000$, za velike strojeve $7 \div 11000$. Kod strojeva sa velikim brojem perijoda $n = \frac{p \cdot M}{60} > 25 \div 30$, kao što je to slučaj kod turbogeneratora, odabere se za (L_2) mnogo manje vrijednosti. Za strojeve bez pomoćnih polova može se (L_2) odabrati po slici (2); za strojeve sa pomoćnim polovima po slici (4). Ali ovdje treba napomenuti da se može upotrijebiti i druge vrijednosti, a ne samo one što ih daju ove slike.



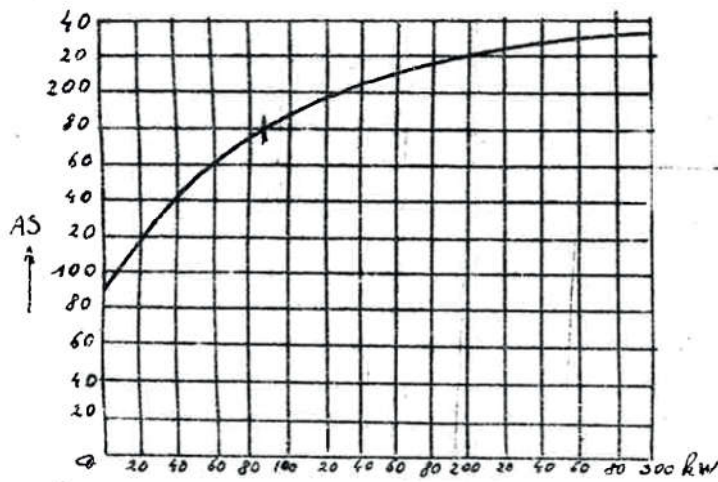
S1.2



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) upliječe na stepen djelovanja: za male (AS) je stepen kod punog tereta veći nego za veliku (AS); ali kod tereta koji

je manji od punog normalnog je stepen djelovanja opet bitno veći za veliko (AS), a malen za maleni (AS). Prema



Sl. 3.

zvoljeno ugrijavanje. Ovdje će se dakle odabrati (AS) postepenim djelovanjem i pougrijavanjem. Za dobro ventilirane armature vrijedi:

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

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

Jednadžbom (10) može se odrediti donju granicu promjera (D) obzirom 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:

$$D \cdot l \cdot n \cdot AS = \frac{6 \cdot 10^{11} \text{ kVA}}{a_i \cdot L_z \cdot D}, \text{ odnosno - jer je } v = \frac{\pi D m}{6000} \cdot \frac{Z}{2K} = W$$

= broj ravoja po lameli -

$$A = \frac{P}{a} \cdot \frac{Z}{K} \cdot \tau \cdot v \cdot AS \cdot 10^{-6} = 2W \cdot \frac{P}{a} \cdot \frac{100\pi \cdot kVA}{a_i \cdot L_z \cdot D} \quad (13)$$

Ako konstanta armature A nesmiye prekoraci, ti određenim vrijednost, onda nesmiye promjer D kod zadane indukcije L_z podkoraciti određenim granicu,

$$t.j. \quad D \geq 2W \cdot \frac{P}{a} \cdot \frac{100\pi \cdot kVA}{a_i \cdot L_z \cdot A_{max}} \quad (14)$$

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

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

onda slijedi iz jednadžbe (10):

$$D. z. n. L_2 = \frac{6 \cdot 10^{11} \text{ kVA}}{\alpha_i \cdot AS \cdot D}$$

odnosno - jer je $v = \frac{\pi D n}{6000}$ i $\frac{z}{2K} = w = \text{broju zavoja na la, mehu -}$

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

Ako nesmiye napon lamela kod neopterećenog kreta prekoračiti određenu vrijednost, nesmiye promjer D kod radanog tereta AS prekoračiti određenu granicu t. j.

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

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

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

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

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

Ovu 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

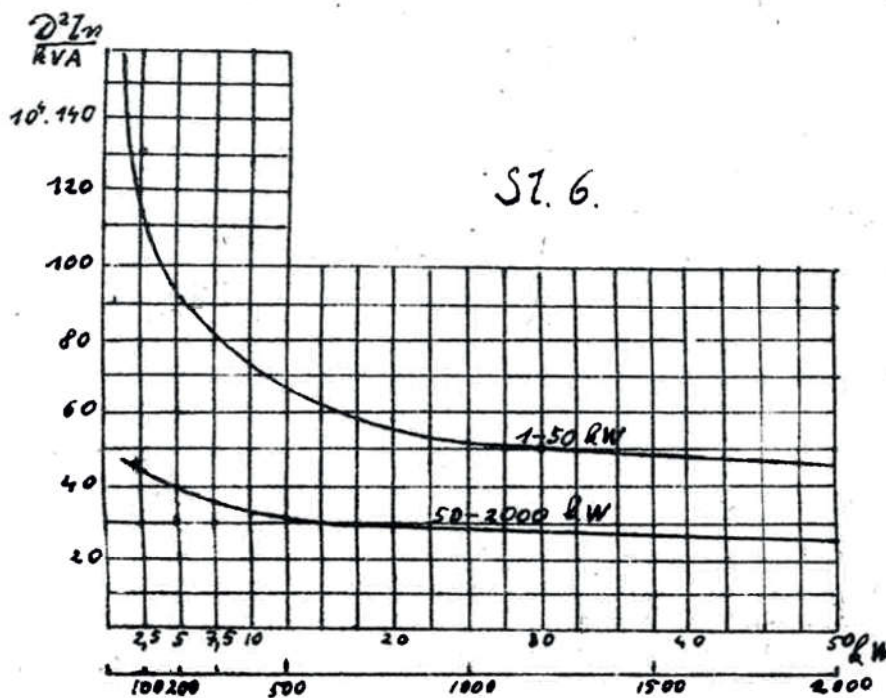
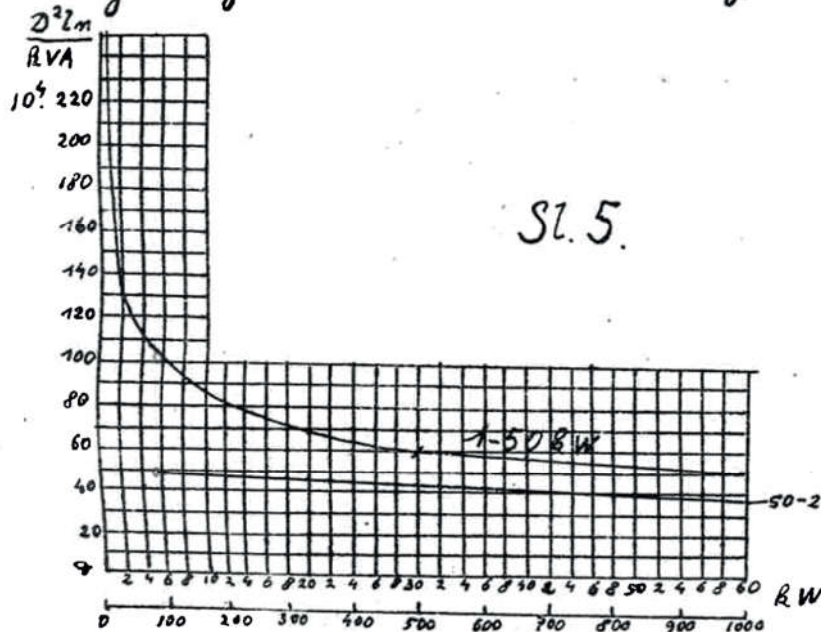
$$A = \frac{400 \cdot 25}{10000} = 1 \quad (20)$$

Početak se proračuna dakle počne s jednadžbom (10). $\text{kVA} = \frac{E_a \cdot I_a}{1000}$ može se izračunati tek po dov, šenom proračunu. Ali sa Pwi račun možemo mo,

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

Ako se je odabralo d_i , L_i , AS po pravilima, koja su bila dosada spomenuta, ili pak po dobrim već izvedenim strojevima, onda se odredi produkt $D^2 L \eta$. Slika (5) prikazuje konstantu stroja $\frac{D^2 L \eta}{kVA}$ 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



brzine. Konstanta stroja ne smije biti premalena; tada će konstrukcija biti dobra. Osim toga neće 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 odabere $D^2 L$ treba ga sada pravilno podijeliti u D i L . Ako je "maksimalno dozvoljena" obodna brzina zadana, do kojemo iz jednačbe (6) promjer D , te dužinu L iz jednačbe

$$L = \frac{(D^2 L)}{D^2} \quad (21)$$

Broj polova odabere se sada tako da se dobije odgovarajući razmak τ_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.

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

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

Za dobru komutaciju i valjano hlađenje je ugo, dniji maleni L , pa prava 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 sa tramway i turbogenera, tori, koji mogu dopreći i prekoračiti ovu vrijednost.
 $\frac{L}{b_i} = 0,6 \div 0,8$ imaju strojevi koji moraju imati nisku temperaturu, te strojevi velikog promjera sa rama, snjakom.

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

Konačno se još može ispitati da li daje irracionalna dužina l sa konstantu armature A /jedin. 12:/, te maksimalni napon lamele sa neopterećeni krak $E_{d \text{ max}}$ /jedin. 15:/, upotrebljive vrjeđnosti:

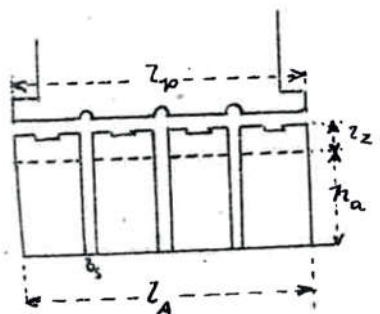
Za klasterje dolije armatura raspoređivanje
 $b_s = 10 \div 12 \text{ cm} \dots (24)$

Totalna dužina armature je onda - ako je n_s broj ovih raspoređivanja -
 $l_A = l + n_s \cdot b_s \dots (25)$

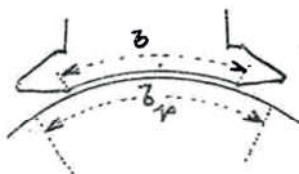
Zarez u armaturi sa povoj (bandažu) iz žice masivna se odobranjem srednjeg raspoređivanja.

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

a)



b)



c)



Da se odredi luk b t.j. dio polnog luka b_p sa konstantnim raspoređivanjem δ - slika 7, a ÷ c -, odabere se oblik stopala, šta polje i izračuna vodljivost /III-4a, 4c/ Jer se zna idealni polni luk b_i , izračuna se pomoću jednadžbe (III-21) luk, t.j.

$$b = b_i - 2 \cdot \delta \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \sum \frac{b_x}{\delta_x} \dots (26)$$

- ako su šiljci polova malo roziceñi i ako je sto, polo simetrično. $\sum \frac{b_x}{\delta_x}$ računa se u tom slučaju samo sa jedan polni šiljak ("čipku").

U slici 7a) da je stopalo nesimetrično, vrijedi:

$$b = b_i - \int \kappa_1 \kappa_2 \sum \frac{b_x}{\sigma_x} ; \quad (27)$$

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

1. Nesimetrično stopalo napr kod stroja bez pomoćnih polova. Okrojak pola, žiljak, načini na ulaznoj strani nakerem, i to toliko, da romu komutacije leži izvan radijusa dijela žiljka 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 određena je jednačinom:

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

Za poredne je strojeve

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

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

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

Projekcija je:

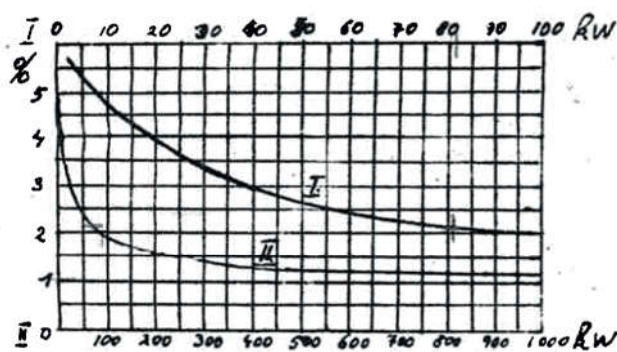
$$K = \frac{z}{2 \cdot w} \quad (30)$$

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

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

Projekcijski paralelnih grana mora se tako odabrati, da se dolije upotrebljive vrijednosti za K i z .

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



S1.8.

uvijek moguće ra:

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

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

Glavne jednačbe pojedinih namotaja jesu:

a) valoviti:

$$a=1 \quad y = y_1 + y_2 = \frac{st \pm 2}{p} \quad (33)$$

$$y_k = \frac{k \pm 1}{p}; (y_k) i (k) \text{ nemaju zajednič. djeli.}$$

telja; y_1 i y_2 moraju biti lihi brojevi.

b) petljasti:

$$a=p \quad y = y_1 - y_2 = \pm 2 \quad (34)$$

$$y_1 \approx \frac{3l}{2p} \approx \pm p$$

$$y_k = y_s = \frac{y}{2} = 1; \text{ radi dobre komutacije}$$

$$\frac{k}{p} = \text{lihi broj.}$$

c) višestruki valoviti:

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

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

$$(y_k) i (y_s) \text{ lihi brojevi; izbjegavati: } a > p$$

$$\text{zgodno je: } \frac{p}{a} = 2$$

d) višestruki petljasti:

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

$$y_k = \frac{y}{2} \cdot m$$

Obratom na komutaciju je zgodno, ako je namo-
taj potpuno simetričan: $(k, Z, 2p)$ mora biti cijelo,
brojno djelivo sa (a) ; (y_k) i (k) nemaju imati kod
jednostavno ravnih namotaja zajedničkog djeli-
telja. Osim toga mora — ako se ima spojke izjedna-
čenja $\therefore$ od $2p \geq 6$ unaprijed $\therefore$ biti ispunjenost
potencijalni korak:

a) petljasti namotaj: $y_p = \frac{k}{a} : \frac{z}{p} = \text{cijeli broj; svaki}$
raster izjednačenja ima (p) približaka.

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

Presjek spojka izjednačenja je općenito:

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

Broj prstena za izjednačenje odabere se tako, da se kod malenih strojeva priključi svaku $10 \div 8$ lamelu.

" velikih " " " " $5 \div 4$ "

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

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

$$\left. \begin{array}{ll} 4 \text{ stopa u utoru} & i_a \leq 225 \text{ A} \\ 6 \text{ stopova " " } & i_a \leq 150 \text{ A} \\ 8 \text{ " " " } & i_a \leq 115 \text{ A} \end{array} \right\} \quad (38)$$

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

Broj utora između šljaka (krajeva) polnih stopala 1 u polnom raspasu ne smije pothoraciti određenim granicu, jer bi inače bio upliv glavnih polova na polje komutacije prevelik. Ovdje vrijedi:

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

Broj lamela je kod svih namotaja obično je dvak broju svitaka:

$$K = 5 \quad (40)$$

Broj lamela mora biti tolik, da je ispunjena jedna drža da maksimalni napon lamela u neopterećenom kretu:

$$E_{d \text{ max}} = \frac{2p \cdot E_a}{\alpha_z \cdot K} \leq 25 \text{ V} \div \text{max } 35 \text{ V} \quad (41)$$

Obratom na komutaciju zgodno je odabrati:

$$S \geq 0,04 \cdot z \cdot V_{i_a} \quad (42)$$

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

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

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

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

Jakost struje jednog štapa ne smije prekoračiti 170 A.

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

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

potom ova jednačica moćemo odrediti broj grana, odnosno možemo odabrati namotaj.

Iz jednačine: $z = \frac{\pi \cdot D \cdot AS}{i_a}$ izračunani broj žica, odnosno lamela (K), zaokružiti setako, da govora namotaju i uvjetima simetrije. Ako će se sv. the jednog utera pojedno izolirati, kao što se to obično čini, mora u jednoj žici: $\gamma_1 = u_m \gamma_m + 1$ biti (γ_m) cijeli broj.

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

Presjek žice namotaja slijedi iz

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

Gustoća struje (σ_a) mijerodavna je za ugrijavanje armature i stepen djelovanja /vidi jedu. 11/. Za veće strojeve - snaga 100 kW - sa štapovima i dobrim praćenjem vrućina (σ_a) do 4,5 A/mm². Za maleše dobro ventilirane strojeve, kojim su polovina iz lima, je gornja granica za (σ_a) = 5 ÷ 6 A/mm² - do snage od ~ 30 kW, $\sigma_a = 4 \div 5 \text{ A/mm}^2$ za 30 ÷ 100 kW.

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

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

Gubitak toplaine struje (m_{ak}) po cm^2 površine a_{a} , matrice, slijedi za: AS A/cm , presjek: 2 mm^2 , specifični otpor ugrijavanog bakra: $\frac{1}{47}$ - iz jednačbe

$$m_{\text{ak}} = AS \cdot \frac{901}{47 \cdot 2}; \text{ ili jer je: } \frac{AS}{2} = \sigma_a, \\ m_{\text{ak}} = \frac{AS \cdot \sigma_a}{4700} \text{ po } \text{cm}^2 \quad (47)$$

Ovisno o stepen djelovanja može se već od ρ_a četke odabrati za gubitak u bakreni armature određeni broj vata (N_a), te izračunati gustoću (σ_a).

$$N_a = I_a^2 \cdot R_a. \text{ Jer je: } R_a = \frac{2 \cdot l_a (1 + 9004 \cdot T_a)}{(2a)^2 \cdot 5700 \cdot \rho_a},$$

$$l_a = l_A + 1,44 + 5 \quad (48)$$

- dužina jednog štapa sa pripadajućim dijelom čelone spojke, dolijemo

$$N_a = \left(\frac{I_a}{2a} \right)^2 \cdot \frac{2 \cdot l_a (1 + 9004 \cdot T_a)}{5700 \cdot \rho_a} \quad (49)$$

$$\text{odnosno } N_a = \frac{\pi \cdot D \cdot AS \cdot \sigma_a}{5700} \cdot l_a (1 + 9004 \cdot T_a) \quad (50)$$

Ugrijavanje - povišenje temperature od normalne, 15°C , za 55°C - uzmemo u obzir tako, da sa specifični otpor bakra uzmemo $\frac{1}{47}$; dakle

$$\sigma_a = \frac{4700 \cdot N_a}{2 \cdot l_a \cdot I_a} \quad (51)$$

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

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

Otpor (R_a) dolijemo iz ovih jednačina:

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

Pad napona u armaturi uslijed ohmovog otpora:

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

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

$$h' = \frac{1,2 \div 1,3}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{l_a}{2}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_a + 8 \cdot \beta \cdot \rho_a}{\rho_a}} \text{ cm} \quad (55)$$

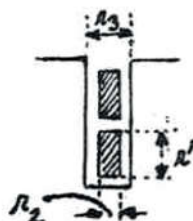
$$\text{gdje } \rho_a \text{ (sl. 9): } \lambda = 0,14 \sqrt{\frac{G_{\text{ak}}}{\rho_a}} \quad (56)$$

$$\beta_n' = \left\{ \beta_n + \left[1 - (1 + \rho_w) \frac{a}{p} \right] \beta \right\} \cdot \frac{2}{D_k} \quad (57)$$

/: vidi: II. zjedn 31./

l = dužina armature

β_n = na obod armat. redukc. svina lamelle.



Za izolaciju 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 uračunamo $2d_i = 0,06 \div 0,1$ cm d_i = debljina izolacije $\div$.

Da se dolje mjeri utora za određeni broj žica, najjednostavnije je računati, koliko se mora dodati širini i visini bakra svih vodiča. Kad toga se mora izolaciju i povećanje duljine utora za bandarču, odnosno klinastikator, napose računati.

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

Tabela III.

Broj štapova, koji su u utornjedu 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

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				

Žico br. 60 ili 50 smetana parunkom upo, trebjaovresamo kod malehkih strojeva i malehkih napona ^{pro} sa ravaj. Tačnije vidi

Veliki broj utora je uvijek zgodan za strojeve sa pomoćnim polovima. Čim je veći broj utora, tim je manja širina zone komutiranja, tim je širi polovni luk. Ako je broj utora premalen onda stroj ne radi tiho. Ali ovdje treba ueti u obzir daje prostor utora to imaye 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 $\frac{z}{p} < 12$, u glavnom : 12 ÷ 16, i više. Kod malehkih promjera ($D < 25$ cm) odabere se razmjern $\frac{z}{p}$ 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, što u tangencijalnom smjeru na polovni luk tako, da se postepeno poveća raspor do $v(3 \div 4) \cdot \delta$. Osim toga : $\frac{z}{p} \geq 18 \div 20$.

Oblik i broj kulova (utora) je nprerodavan sa gubitke uslijed vrtložnih struja u stopalu pola. Kao mjeru služi nam "faktor vrtložnih struja" f_v

$$f_v = (K_1 - 1) \cdot z \cdot \frac{L_2}{10^5} \cdot \frac{n}{60} \quad (58)$$

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

onda se stopalo pola mora ueti iz lima. Makimo stopalo - iz jednog komada - se dozvoljava dok je

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

! δ_m = širina utora !

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

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

! 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 koeficijenti utora pojedno izolirati:

Razmak utora određuje jednadžba:

$$t_n = \frac{D \cdot \pi}{Z} \quad (63)$$

Polozaj utora je 0,015 cm za napon 120 V. ako se širini utora doda 0,15 cm, a dubini 0,08 ÷ 0,1 cm, dobije se širinu (b_n) i dubinu (l_n).

Dalji rub na glavi je onda

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

Za razmjere: $\frac{\text{širina utora}}{\text{razmak utora}}$ neka vrijedi

$$v_n = \frac{b_n}{t_n} \sim 0,5 \quad (65)$$

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

Dimenzije utora može se odrediti na sljedeći način: ako je namotaj već odobran, a također i broj strana (u_n), onda je dan i broj utora: $Z = \frac{st}{u_n}$. Indukcija ($L_{n \max}$) nemije prekositi 22 ÷ 23 000 Gaussa; jedino se u slučaju, da se ima konstruirati stroj vrlo malenih dimenzija /: na pr. za tramway /, dozvoljava ueti ra indukciju: $L_{n \max} = 28 000$ Gaussa.

Presjek rubova što leže pod polom je na dim utora - t_n : na najnižem mjestu

$$Q_{2 \min} = \frac{(D - 2l_n) \pi - Z \cdot b_n}{2p} \cdot \alpha_n: 0,9.7 \quad (66)$$

Indukcija na ovom mjestu je

$$L_{n \max} = \frac{\phi_0}{Q_{2 \min}} \quad (67)$$

ako je pak radano ($L_{n \max}$), onda slijedi ($Q_{2 \min}$):

$$Q_{2 \min} = \frac{\phi_0}{L_{n \max}} \quad (68)$$

Riješimo jednadžbu (66) po (b_n), doliti ćemo - ako smo odabrali dubinu - širinu utora

$$b_n = (D - 2l_n) \pi - \frac{Q_{2 \min} \cdot 2p}{\alpha_n: 0,9.7} \quad (69)$$

Tok (ϕ) određivanje presjeka ($Q_{2 \min}$) slijedi iz:

$$\phi_0 = \frac{E_a \cdot 10^6 \cdot 60}{n \cdot p} \cdot \frac{a}{Z} = \alpha_n: \tau_p \cdot l \cdot L_n \quad (70)$$

Da se dublrim odabere pravilno, uzmemo sledeće jednačine:

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

Ako imademo na stroju otvorene utora, t.j. umesto klinovitog ratora utora upotrebimo bandaću, onda se mora dublrim dodati još 3 mm za povoj (bandaću). Ako imademo klinovit rator onda treba uvesti 5 mm za klin (rator).

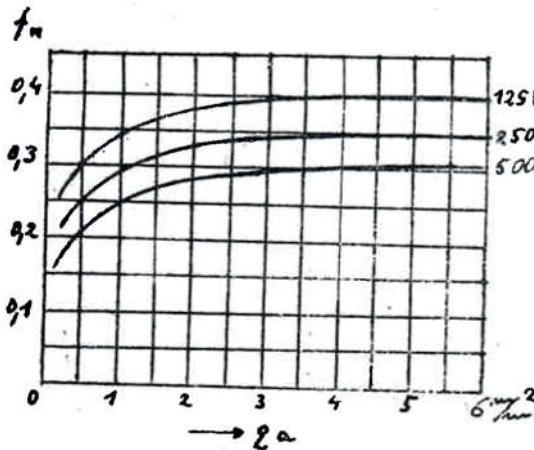
Kada su mere utora određene, kontrolisati se na vlak (AS) pomoću jednačine

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

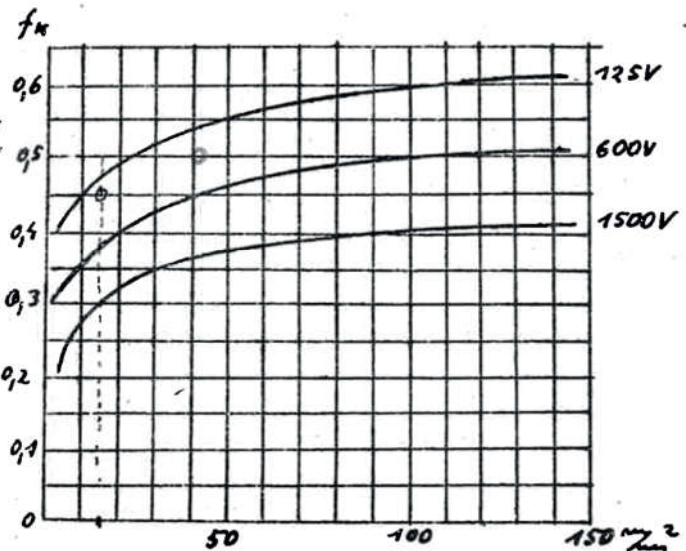
gde je

$$f_n = \frac{u_n \cdot w_i \cdot g_a}{b_m \cdot l_2 \cdot 100} = 0,6 \div 0,2 \quad (73)$$

"faktor napune bakrom". Slika (9) i (10) prikazuju ovaj faktor (f_n) za namotaj različitog preseka (preduzima, jednost).



S1.9.



S1.10.

U jednačini (73) uvrstimo se (g_a) u (mm^2); (w_i) je broj ravno jednog vitka. Ako se ovom jednačinom dobije (AS) manji nego li je odabrano za proračun promer, (D), onda je (D) preveliko, te se može smanjiti.

Konjski promjer armature slijedi iz:

$$D_a = D - 2z_2, \quad (74)$$

prema tome je razmak rublje na dnu utora

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

i debljina ruba u korjenu:

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

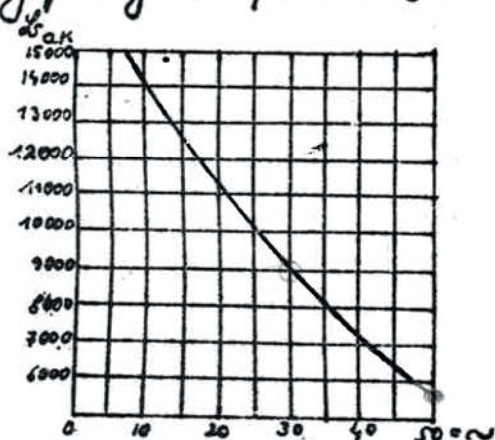
Fiktivne su indukcije za

glavu ruba	$L_{2i1} = \frac{z_1 \cdot L_1}{K_2 \cdot z_2}$	Gausso	} (77)
korjen "	$L_{2i2} = \frac{z_2 \cdot L_2}{K_2 \cdot z_2}$		
sredinu "	$L_{2i3} = \frac{L_{2i1} + L_{2i2}}{2}$		

$K_2 = 0,88$ kod izolacije s papirnom,

$K_2 = 0,9$ kod izolacije sa šljokom.

Za izračunavanje jage armature odabere se najprije indukcija (B_{ak}) u jage. Gubitci u željezu ovise su o (B_{ak}), te o broju perijoda (n). Što je manji broj perijoda, to veće može biti (B_{ak}). Priближно pravi



Sl. 11.

vrhne vrijednosti daje sliku (11); ona daje (B_{ak}) u ovisnosti od: $n = \frac{p \cdot m}{2}$. Drugi dijelovi grafičari uglavnom za strojeve bez pomoćnih polova ako strojeva pomoćne polove mora se računati još i tok pomoćnih polova, pa da se vidi da li je rasipanje preveliko.

Radikalna visina jage (h) slijedi iz

$$h = \frac{\phi_a}{2 \cdot K_2 \cdot Z \cdot B_{ak}} \text{ cm}, \quad (78)$$

te unutarnji promjer:

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

Komutator

Radikalna komutatora je za strojeve srednje veličine obično 7,5 mm. Obzirom na čvrstoću - mehaniku od 3,5 mm / savim maleni strojevi do 3 mm. /

Širina kolacije l : tina, kica: / je uvijek $(0,6 \div 0,8)$ mm; za napone iznad 5000 V do 2 mm. Pro najmanji komutatorski obično $4 \div 10$ cm manji nego promjer armature, da se spojeva namotaja sa komutatorom (kolektorom) lako izvrši.

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

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

Najmanji broj lamela određen je jednačinom

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

Da inducirana EMS među rubovima kefica ne postane prevelika, nesmije biti $(\frac{b_1}{\beta})$ prevelika, t.j. (β) nesmije biti manje od $4 \div 5$ mm.

Uz: g = broj svornika, pripada svakom svorniku struja: $I_a : \frac{g}{2}$, ako je (σ_a) dozvoljeno opterećenje svakog (cm^2) ploštine doticanja /: srednja vrijednost - prema vrsti kefice - $4 \div 11 \text{ A/cm}^2$; maksimalno $20 \div 9 \text{ A/cm}^2$; (F_b) ploština doticanja svih kefica 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.

(β) = širina lamela sa kolacijom l : $4 \div 8$ mm:

4 - za male, 8 - za velike strojeve; /: onda vrijedi:

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

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

Širina kefice

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

Kod strojeva niskog napona vrne se širina kefice višeputa manja nego li je širina lamela. Definišimo širinu kefice određujući tek proračun komutacije.

Dužina (l_2) u smjeru osovine određena je sa - ako svaki svornik ima (z_b) kefica -

$$l_2 = \frac{F_b}{z_b \cdot b_2} \text{ cm} \quad (86)$$

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

keficu - akoru držala je lima; inače se može odgovoriti, najmanje mjera držala, $+ 5 \div 10 \text{ mm}$ za prućnost, + prona za priključak namotaja armature.

Da se kolektor na određenoj dužini jednoliko islije, dobro 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 jednog svornika metnuti iza negativnih kefica jednog od susjednih svornika. Prema tome se dolije (p) nejednaki položaji kefica na komutatoru.

Visina lamela određuje gustoću $\sigma_z = 80 \div 100 \text{ A/cm}^2$. Kod velike duljine kolektora treba se uvijek obazirati na mehaničku čvrstoću kolektora.

Pad napona između kefica 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, smjeru struje, njenoj gustoći, o temperaturi, pritisku, kemijskoj i mehaničkoj ka. kooči, te o vrsti struje. - Pritiskom pada prelarni otpor najprije brzo, a onda polagano. Od brzine je prelarni otpor skoro neovisan. Najveći utjecaj ima materijal. Kefice je bakra, koje se uvijek načine iz spletenice 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. jenom sritku tim manje, što je otpor veći. I rastućim otporom povećava se toplina, koja je proporcijom, malna produktu iz prelarnog napona i gustoće struje. Za strojeve niskog napona i povoljnim prilikama komutacije, vama se kefice sa malenim prelarnim otporom. Ovaj se otpor odabere to veći, čim je veća na. petost, te čim su neugodniji prilike komutacije.

Velika brzina kolektora sahtjeva kefice sa malenim faktorom trenja: maske ualjene kefice sa grafitom: /

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

Ako su kefice podvrgnute trenjnjama, onda se mora pritisk kefice podvrgnuti.

Širina kefice (b_2) može se uzeti kod strojeva sa po. moćnim polovima nešto veća nego li kod strojeva bez pomoćnih polova. Još šira može biti kefica kod strojeva sa kompenzacijskim namotajem. Širina (b_2) je obično $10 \div 25 \text{ mm} \approx 2 \div 3 \text{ cm}$. - Sve ostale mjere kefice neka budu što je moguće manje, da bude težina malena. Za strojeve srednje veličine uzmemo 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 vel. ku promjenom polja, nesmije ovu polje kod tereta pasti na nulu, ili, pač, poprimiti protivni 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-armature mora biti

$$S > \frac{(1 \div 1,2) \cdot b_2 \cdot AS - AW_2}{1,6 \cdot \pi \cdot L_2} \quad \frac{4500 - 1200}{1,6 \cdot 3,14 \cdot 8500} = 2 \quad (89)$$

Onda odgovara ovom uvjetu približno jednadrilo

$$S \approx 0,65 \cdot \frac{L_2 \cdot AS}{L_1} \text{ cm} \approx 2,9 \quad (90)$$

Ovom jednadrilom dobiveni rezultat kontrolira se jednadrilom (89). Prema tome se može (S) naćiniti to manji što je veće (AW_2), t.j. što je veća sa. sćenje rubova.

Strojevi sa velikom regulacijom napona,

odnosno strojevi velike brzine / motori / mogu^{do} biti nešto veći raspor, koji odgovara jednakosti

$$S \geq \frac{(1,2 \div 2) \cdot \bar{b}_i \cdot AS - AW_z}{1,6 \cdot K_1 \cdot L_z} \quad (91)$$

Kod većih promjera armature neće se napraviti (S) manji od 9,5 cm / $D \approx 200$ cm /, već i radi mehanizmičkih razloga. Kontrolni raspor (S) dobivamo ta, koeficijent razmjera totalnog broja amper-ravaja / broj AW svih magneta / s. brojem amper-ravaja armature ($\frac{Z \cdot i_a}{2}$), koji razmjera neka leži između (1,2 ÷ 2), t.j.

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

b) Strojevi sa pomoćnim polovima.

Kod ovih može biti (S) nešto manji:

$$S \approx 9,5 \frac{Z_p \cdot AS}{L_z} \text{ cm } 31 \quad (93)$$

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

$$S \geq \frac{(1 \div 1,2) \cdot \bar{b}_i \cdot AS - AW_z}{1,6 \cdot K_1 \cdot L_z} \quad (94)$$

Razmjera totalnog broja amper-ravaja / AZ / i $AZ = \frac{Z}{2} \cdot i$ armature je onda $\frac{2 \cdot AW_z}{Z \cdot i_a} \approx 1 \div 1,2$ 1,75 MS AW_z (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 raspor još manji:

$$S = 0,4 \cdot \frac{Z_p \cdot AS}{Z_2} \text{ cm} \quad (96)$$

Provit glavnih magneta je

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

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

Ako se zna raspor (S), izračuna se tok (ϕ_0) opte, rećenog stroja

$$\phi_0 = \frac{60}{p \cdot n} \cdot \frac{a}{2} \cdot E \cdot 10^8 \quad (98)$$

E - vidijedi 3. Radi rasipanja mora biti tok što ga proizvode (A_w) veći od (ϕ_0), t.j.

$$\phi_{m0} = \nu \cdot \phi_0 \quad (99)$$

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 polovi ga slabi; vidi III - 13,3; pa prema tome vrijedi:

$$\phi_{j0} = \frac{1}{2} (\phi_{m0} \pm \phi_{wm}) \quad (100)$$

- ako (ϕ_{wm}) označuje tok pomoćnih polova, te ako sira, mislimo, da se tok u jarnu dijeli kao olučno. Da ne bi rasipanje jarna smetalo ravno položenje kri, vulje magnetiziranja pomoćnih polova, nemije (ϕ_{m0}) u jarnu iz čelika prekoračiti $13 \div 14000$ Gausa. Za gustoću indukcije vrijedi sljedeća tabela:

jerga armature bez pomoćnih polova do 15000 G

" " sa " " " 13000 "

rubli, s paralelnim stranama utora $20 \div 23000$ Gausa

" " " ruba $17 \div 19000$ "

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

Za poredne strojeve sa konstantnim naponom steroljka je velika rasipenost povoljna. Normalno usluštenje meka leži na koljena krivulje magnetiziranja. Ako se poredni generator mora upotrebiti sa malijom akumulacijom, onda treba u pogonu napon povisiti do $\frac{2,6}{1,8}$ u. Ako se navedene vrijednosti indukcije vrijede sa većim naponom, mora se normalna indukcija umnožiti sa $\frac{1,8}{2,6}$. Na pr.: sa lijevani čelik 12000 $\cdot \frac{1,8}{2,6} = 8000$, ÷ 17000 $\cdot \frac{1,8}{2,6} = 12000$ Gausa. Isto vrijedi za motore kojima treba broj tura regulirati u velikom opsegu. Za normalno usluštenje uzmimo manje, sa maksimalno veće vrijednosti od (L_m) i (L_j). U ovim je slučajevima najpogodnije početi račun sa najvećim dozvoljenom gustoćom, t. j. sa najvećim potrebnim tokom.

Strojevi sa serijskim namotajem. Indukcija se odabere kao za jako rasipene poredne generatore.

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

Ako se pozna (L_m) i (L_j), slijedi

$$Q_m = \frac{\Phi_m \cdot 2}{L_m} \quad (101)$$

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

/: Vidi: III - 4 g:/

Kod prvog crtanja magnetnog sistema važno pariti, da ostane dosta prostora za namotaj, te da

namotaji magneta imaju dostatan površinu za hlađenje. Ako se je odabralo prostora previše ili premalo, može se poslije proračuna namotaja sistem popraviti:

Jednadžba (95) možemo pisati

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

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

Tr ovih se jednadžba može poslije određenog namotaja armature približno izračunati broj AZ za jedan magnetski krug. Zamislimo si namotaj od jednog jedinog ravoja, sa gustoćom (δ_m), onda je potreban totalni presjek bakra

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

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:

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

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

Faktor napune (f_K) za namotaj uvrđenja / dva puta parnim omotano žica : / ima sljedeće vrijednosti:

Žoli promjer	$d = 0,5$	$1,0$	$2,0$	$3,0$	$4,0$	$5,0$	mm
izolirani "	$d' = 0,7$	$1,3$	$2,4$	$3,4$	$4,5$	$5,5$	mm
$f_K = 0,785 \frac{d^2}{d'^2}$	$= 0,40 \quad 0,66 \quad 0,55 \quad 0,61 \quad 0,62 \quad 0,65$						

Visina namotaja, t.j. debljina okornitog nosa, ovisi o pola, neka ne prelazi $5 \div 6$ cm, jer je inače hlađenje namotaja nepovoljno. Visina prostora, odnosno jednog svitka u smjeru osovine pola, bila bi u tom slučaju - ako sadržaje jedan magnetski krug dva svitka : / projedan pol : / -

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

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

Proračun uveludjenja - vidi III-4.

akoje (I_m) struja, (q_m) presjek u mm², (l_m) srednja dužina jednog ravoja u cm, (w_m) broj svih porednih ravoja, (R_m) otpor namotaja, (AW_z) totalni broj AZ, onda vrijedi:

za neopterećeni kret $AW_{z0} = p \cdot AW_z$ (107)

za opterećeni kret $AW_z = p \cdot AW_z$

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 nacрта.

Najveća struja magnetiziranja je kod napona (U) na steroljkama

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

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 ravoja, akoje zadani napon steroljka (U), srednja dužina (l_m), dok je ovisan samo o presjeku (q_m). Prema tome, akoje broj (AW_z) pre malen, nema smisla povećati broj ravoja. (AW_z) se može povećati samo povećanjem presjeka.

Da se može postići tok (ϕ_0) sigurno nešto prekoračiti, uzima 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 razokreći prema gore na obični presjek. Ako izračunani presjek ima presre, liku razliku prema običnome, može se dva presjeka paralelno spojiti. Onda mora biti:

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

ako se uzeo za presjek $(z_{m1})-(w_m)$ ravoja, za presjek $(z_{m2})-(w_{m2})$ ravoja.

Termin lakša slijedi iz

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

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

Iz jednadžbe (108) slijedi gubitak u W:

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

t. j.: kod zadanog broja (AW) i kod zadane srednje dužine, ovisan je gubitak (N_m) samo o gustoći struje (G_m). Ovak je gubitak malen, osobito kod velikih strojeva, prema tome se odabere gustoća takve veličine, koliko to odgovara i dozvoljava porizenje temperature. Gustoća struje leži u granicama

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

Kod dobro ventiliranih vitaka može se uzeti $G_m > 2,2$.

Najbolje je najprije odabrati si (G_m), a onda se dolazi

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

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

Za normalni teret, uz normalnu struju magnetiziranja (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 preskočiti.

Za neopterećeni kret je struja u prednom sklopu

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

ili 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 uticaj promjene broja

okretaja na napon steraljka, napravi se otpor ka
pred kapčanje i regulaciju:

$$r_m = (1,1 \div 1,5) \left(\frac{U}{I_{m0}} - \frac{Z_m \cdot W_m}{5700 \cdot Z_n} \right) \quad (120)$$

Serijski namotaj:

(W_n) je totalni broj serijskih zavoja, (I_n) je jakost struje; onda mora biti:

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

te, dalje,

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

Gustoća se struje može izračunati iz jednačine

$$\sigma_n = \frac{5700 \cdot N'_m}{(1 + 0,004 \cdot T_m) \cdot I_n \cdot W_n \cdot Z_n} \quad (123)$$

ako se zna ra gubitak (N_m) u W , te srednju dužinu (Z_n) . Ovisno 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

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

Svitke 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 posrednih AZ za sve terete jednak broju ^{ovih} neopterećenog kruga, t.j.

$$I_m \cdot W_m = A W_{t0} \quad (126)$$

Serijski zavoji punog tereta određeni su sa

$$I_n \cdot W_n = A W_t - A W_{t0} \quad (127)$$

Prenatome vrijedi

$$Z_m = \frac{(1 + 0,004 \cdot T_m) \cdot Z_n \cdot A W_{t0}}{5700 \cdot U} ; \quad I_m = \frac{Z_m}{\sigma_m} ; \quad W_m = \frac{A W_{t0}}{I_m} \quad (128)$$

$$W_n = \frac{A W_t - A W_{t0}}{I_n} ; \quad Z_n = \frac{I_n}{\sigma_n} \quad (129)$$

Kod nadkompandiranja raste napon steraljka sa teretom, ($I_n \cdot w_n$) dakle nije konstantno. U ovom se slučaju izračuna najprije iz jednadžbe ($I_n \cdot w_n = AW_{z0}$) poredni namotaj za neopterećeni kret, i otpor

$$R_n = \frac{(1 + 0.004 \cdot T_n) \cdot l_n}{5700 \cdot q_n} \quad (130)$$

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

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

ako se izračuna sa maksimalni napon puno opte., računog stroja totalni broj (AW_{zmax}), onda mora biti

$$w_n = \frac{AW_{zmax} - AW_n}{I_n} \quad (132)$$

Ispitivanje kompandacije vidi.....

Tačno izračunati kompandiranje se ne može. Ovdje treba praviti pokuse, da se vidi, je li je kompandiranje pravilno. Kod strojeva sa malim presjekom serijskog namotaja, može se zavoj dodati ili odneti (odunstati), kod većih presjeka je zgodnije napraviti paralelni sklop, jer se ovim može također za vrijeme pogona kompandiranje regulirati. Po poredni namotaj dolije skorovijek regulator, jer ne ostane u pogonu - radi ugrizivanja - 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 različite djelove, i aksonočni skupni cjelino. Jedan dio toga polja proizvode magnetizirajuće polje, uzdužne AZ, koji li se dio zatvorio kroz glavno polje, da ne bi bio kompenziran od jednog broja AZ

na magnetima.

Drugi dio polja proizvede poprečni A2 armature. Taj se dio zatvori kroz stopala armature. U zoni komutacije ima onu intenzitet pojednadrži (III-68):

$$L_2 = 2 \cdot l_2 \cdot AS$$

(l_2) je dakle vodljivost, koja pripada ovom polju konstantne veličine 1: dok je struja u armaturi konstantna i konstantnog smjera.

Konačno se preostali dio polja armature sastoji iz polja utora, „kojima leže vodiči, koji promijene predznak struje za vrijeme komutacije, te iz polja čeonih spojaka. Ova se polja uzmim u obzir sa vodljivošću (l_m) i (l_s).

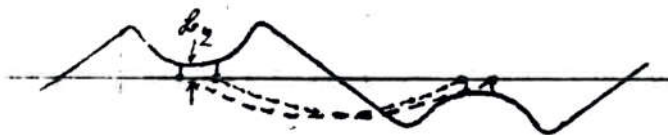
Poprečno se dakle polje može izračunati po jednadžbi

$$L_2 = 2 \cdot l_2 \cdot AS \quad (133)$$

$$l_2 = \frac{\frac{r_p}{2} - p - b_c}{1,6 \cdot f_x} + \frac{\frac{r}{2} + p + b_c}{1,6 \cdot x \cdot f} = 1,2 \cdot r \quad (134)$$

- vidi: III-jedn. (68) i (69).

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

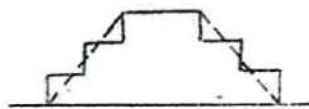


Sl. 12.

jednim parom polova. U geom. i fizički neutralnoj zoni 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 odnosa, kune.

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 spo.,
jenom svitku EMS, koja nije kon.,
stantna, već ima oblik kao polje
slike (13). Srednju vrijednost ovog
polja označili smo sa (L_m) te smo
za ovo polje dobili vrijednost - IV.
jedn. 47. -

$$L_m = 2 \cdot AS \cdot \lambda_N \cdot \psi \quad (135)$$

$$\psi = \frac{z_1}{z_1 + b_2 + [\epsilon_k - (1 + pw) \frac{a}{p}] \beta_n} = \frac{z_1}{b_k} \quad (136)$$

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

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N + \frac{e_2}{K_2} \cdot \frac{AS}{A} \text{ Gaussa} \quad (137)$$

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

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N + \frac{2 \cdot e_2}{K_2} \cdot \frac{AS}{A} \text{ Gaussa} \quad (138)$$

Za ravnu komutaciju (- po pravcu) vrijedi:

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

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

(λ_N) je odredi pojedn. (III-83):

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

Za izračunavanje pojedinih sumanda ove jedna.,
treba vrijedi:

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

$$\text{III-72, 73, a) i b), z. j. bez kom. pol. - sl. III-50} \quad \lambda_K = 0,92 \cdot \log \frac{n \cdot z_1}{n_1} \quad (142)$$

$$\text{za pom. pol.} \quad b_w \approx 2 \cdot z_1 \quad \lambda_{Kw} = \frac{1,25 \cdot b_w}{4 \cdot d_w \cdot K_1} \quad (143)$$

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

$$b_w > 2t_1 \quad \lambda_{kw} = \frac{t_1}{2 \cdot \delta_w \cdot K_1} \quad (145)$$

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

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

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

$$L_K' = 2 \cdot AS \left[\psi (\lambda_n + \lambda_{kw} + \lambda_s) \frac{z_A}{z_{pw}} + \lambda_{z_0} \frac{z_A - z_{pw}}{z_{pw}} + \frac{e_b}{2 \pi_b \cdot A} \right] \quad (147)$$

(λ_{z_0}) je vodljivost poprečnog polja za keficu u neut. zoni.

Ispitivanje komutacije, stroj bez pomoćnih polova.

Imamo li kefice u neutrahnoj zoni (kao što se to dešava kod motora, koji se okreću na obe strane:), onda je napon (e_K) /: IV, jedn. 43:/

$$e_{K_0} = 2 \cdot K_b \cdot \frac{p}{a} \cdot A (\psi \cdot \lambda_n + \lambda_{z_0}) \leq 10 \text{ V - za motore} \\ \leq 8 \text{ V - za gener.} \quad (148)$$

Oduzaknimo kefice iz neutrahne zone toliko, da ovaj položaj odgovara polovini tereta, onda imamo ra puni teret i neopterećeni kiet isto nepravilno polje, samo što je suprotnog predznaka:

$$e_K = K_b \cdot \frac{p}{a} \cdot A (\psi \cdot \lambda_n + \lambda_{z_0}) \leq 8 \text{ V - za motore} \\ \leq 5 \text{ V - za gener.} \quad (149)$$

Zašćeni šiljci polnih stopala i faktor napune (λ_z) nemaju velikog upлива na srednju vodljivost poprečnog polja (λ_{z_0}) u najugodnijoj zoni komutiranja. Što je veći broj AZ za raspor, zubove, šiljke 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):

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

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

Dalje vrijedi : IV. jedr. 41:

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

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

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

Srednja vrijednost od (λ_n) : $\lambda_n = 4 \div 6$ Maxwella :/ Za komutaciju bez iskara mora biti :

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

$e_s = 3,7 \text{ V}$ 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 kefice moraju ostati u neutralnoj zoni, položaj

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

Da li polja utora prelazila po mogućnosti jednoliko, napravi se

$$\frac{2 \cdot \beta_2}{\beta_1}, 2 \epsilon_K, \frac{\beta_2 + \epsilon_K \cdot \beta_1}{\beta_1} \text{ — cijeli brojevi} \quad (153)$$

$$\epsilon_1 \neq \beta_1 \quad (154)$$

ako je $\kappa_b = \frac{\beta_2}{\beta} = \frac{\text{širina kefice}}{\text{širina lamela}}$:/ IV. jedr. 20: onda je napon iskrenja:

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

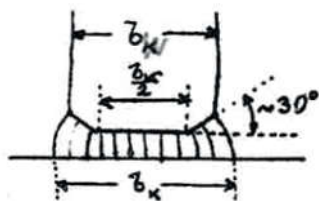
$$e_f' = e_K - e_s < 5 \div 7 \text{ V} \quad (156)$$

Konačno imademo još napon prelaza (e_K), t.j. napon među keficom i lamelom. Ako lokalna gustoća struje nije na čitavoj površini kefice srida jednaka, onda imademo osim napona kefice (e_s) još dodatno opadanje :/ $\text{IV} - 50:$

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

Strojevi sa pomoćnim polovima.

Potrebno polje komutacije daje nam jedna, dvjela 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, načini se rubove stopala naginute, na pr. po slici (14). Raspor



Sl. 14.

(d_w) nesmije biti premalen /: ako je veći od raspore glavnog pola onda ~ 2 puta veći /: da ne bude prevelikih pulzacija 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.

Pulzacije se može sapriječiti, ako se $3 \div 5$ mm debeli lim iz bakra položi pod stopalo pomoćnog pola. Ovakove su ploče ra komutacije 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 lodu kolektora, i to osobito onda ako stroj radi sa velikim (AS). Narisani dijelovi kofice u krugu pomoćnog pola prouzroče vitlosnu struju kod promjene obratnog toka tako, da odgađaju porast polja komutacije - jako ugrožavaju. Polje armature ima slično maleno prigušenje tako, da se ovo polje sa rastućom strujom vrlo brzo promijeni. Prema tome nastane kod u- ili is-kočenja punog tereta, kod stoga sa masivnim pomoćnim polom i jakim, srednja EMS među rubovima kofice /: t.j. u kratko spojenim svitcima /: srednje veličine /: b_s = širina kofice /:

$$e_K \approx \frac{b_s}{\rho} \cdot \frac{\mu}{a} \cdot \frac{Z}{K} \cdot 7 \cdot v \cdot L_K \cdot 10^{-6} \text{ V}, \quad (158)$$

te maksimalne vrijednosti

$$e_{K \max} = \frac{f_s}{f_m} \cdot e_K \quad (159)$$

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

Vatra na lodu kolektora počinje kod napona od približno

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

ako se želi ovi vatru sprečiti, nesmije (e_K) prekoći 10 V. Ova napetost neka normalno ne isnaša više od 7,5 V. Uopće je: $f_m = 40 \div 42$; $f_s = 41 \div 46$. (L_K) se odredi po jednadžbi (188 ÷ 190), odnosno po (198). Za ($e_{K \max}$)

postane maleno, načini se stopala pomoćnih polova iste dužine kao i stopala glavnih polova, te se odabere $(A, \lambda, \frac{I_s}{I_m})$, te broj kratko spojenih vitaka (B_K) ne prevelik. U velikom napolu (A_s), može se napraviti na jezgri glavnih magneta udužni zavoj, da se tako smanji poprečni tok, te, dalje, da se krajevi stopala jače namagnu. Kod teških pulisnih komutacije mora se uvesti kompenzacioni namotaj, te eventualno napraviti magnetski krug pomoćnih polova iz lameliranog željeza, radi toga, da li polje komutacije što brže slijedi polje armature.

Namotaj komutirnih polova.

Kada se zna potrebno polje komutacije, te kada se odredilo oblik stopala, onda se pomoćni pol. jezgra pola mora biti mnogo manja nego stopala, koje se radi uvijek jednako dužini armature. ~~je~~ je kraća jezgra pomoćnog pola, tim je manje rasipanje i gubici pomoćnog i glavnog pola. Ali kod toga presjek je, gdje nemije biti tako malen, da dođe kod najvećeg tereta do zasićenja, jer li u tom slučaju stroj već kod punog tereta radio u pod-komutaciji.

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

$$\phi_a = l_w \cdot b_K \cdot L_K \quad (161)$$

l_w = dužina, b_K = širina - jezgre.

a) trojevi bez kompenzacionog namotaja

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

djelovinu nasiceenje nemije biti takveliko, da li ovi tolovi došli u obzir. Dakle moramo računati sa AZ na jezgu pomoćnog pola, na raspo i kube armature. Uvima još mo. namo dodati AZ armature, koji djeluju na pomoćne polove /: vidi jednu. III - 98 ÷ 104: /.

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

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

$$L_{2w} = \frac{\phi_w}{B_w \cdot B_w \cdot Z_{pw}} \quad /: \text{III. jednu. 91:} / \quad (163)$$

(B_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 (105) i računajući broj AZ mora odgo, varati jednadžbi (165).

Ako strojima samo polovinu pomoćnih polova, ra, toni se obratni tok kroz glavne polove. U tom se slučaju mora odabrati dostatne mjere stroja, da ne dođe do prevelikog nasiceenja. No uzeti samo polovinu pomoćnih polova se ne isplati.

Zanemarimo li AZ na željeto, moramo onda broj AZ, koje moramo namotati na svaki pol, računati po

$$\frac{1}{2} AW_w \approx \frac{1}{2} \cdot Z_p \cdot AS + 0,8 \cdot K_{1w} \cdot S_w \cdot L_{2w} + 0,8 \cdot K_1 \cdot S \cdot L_{2w} \quad (166)$$

b) Stroj sa kompenzacionim namotajem

Kod ovih strojeva djeluje kompenzacioni namotaj i namotaj pomoćnih polova prinom jakošću na kruz pomoćnih polova. Namotaj pomoćnih polova ima prema tomu mnogo manji broj AZ nego što mislimo kod strojeva bez kompenzacionog namotaja.

Ako se kompenzacioni namotaj udesi sa potpuni

kompenzaciji poprečnog polja struje armature i razuma, njevanje dodatnih gubitaka u željeza i bakra armature, mora biti kompenzacioni namotaj izvršen sistim brojem (AS) kao armatura. Broj AZ kompenz. namotaja je onda

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

namotaj pomoćnih polova

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

Oko se odabere kompenzacioni namotaj tako, da se osigura povoljna komutacija također za veoma oslabljeno polje glavnih magneta, onda je ugodno da se kompenz. cijoni namotaj načini nešto jači, tj.

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

Onda je namotaj pomoćnih polova

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

! β_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 dvostruk kao razmak utora armature.

Primer

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

Proračun se počne sa jednačinom (10): $\frac{D^2 L n}{kVA} = \frac{6 \cdot 10^{11}}{a_i AS L_i}$
 Mi odaberemo: $L_i = 9000$ Gauss-a ; $AS = 245$, $a_i = 9,68$
 onda je $\frac{D^2 L n}{kVA} = \frac{6 \cdot 10^{11}}{9,68 \cdot 245 \cdot 9000} = 40 \cdot 10^4$, koja vrijednost skoro tačno odgovara slici (6). Za 100 kW bit će li struja : $\frac{100000}{440} \approx 228$ A. Da možemo stroj ra-
 $\sim 10\%$ opteretiti minimum strujom od 250 A.

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

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

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

Tabela (V)

D	L	2p	$L_p = \frac{\pi D}{2p}$	$L_i = 968 \cdot L_p$	$\frac{L}{L_i}$	v	$\frac{I_a}{2a} = i_a$	$\frac{2a}{a}$
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

Ovisno na jedn. (22) dodu za ovaj stroj n
 biramo promjeri 60 te 65. Mi odaberemo

$D = 60$ cm, prema tome

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

što odgovara tačno slici (6)

Proj. žica /: štopova: / slijedi iz jedn. (28)

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

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

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

$$D = 60 \text{ cm}$$

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

$$v = 15,7 \text{ 1/sec}$$

$$2p = 6$$

$$a = 1$$

Postabeli II, I-9, je simetrični namotaj za $p=3$ moguće samo za $u_m=2, 4$ i 8 . Obeirani na jednu (38) odabereemo

Pokusom dolijemo konačno

$$z=392; Z = \frac{392}{4} = 98; K=3 = \frac{392}{2} = 196$$

$y_m = \frac{Z}{2p} - \frac{1}{3} = 16$; ukraćivanje: $\epsilon_m = \frac{1}{3}$ nametla ntera.

Pri korak napravimo - radi zgodnijeg izoli-
ranja-

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

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

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

(y_k) i (k) nemogu pojediničkog djelitelja;
 $(y_1)(y_2)$ su lihi brojevi. Radi promjene broja sta-
pora promijenilo se linearno opterećenje (AS). Ovo
je sada

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

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

Za kontrolu dosadašnjega računa izračunamo
konstantu armature (A) i napon lamela sa ne-
opterećeni kret (1: jednu. 12, odn. 15:)

$$A = \frac{p}{\alpha} \cdot \frac{z}{k} \cdot 2 \cdot v \cdot AS \cdot 10^{-6} = 32 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot 251 \cdot 10^{-6} = 9,591$$

$$E_{d, k, max} = \frac{p}{\alpha} \cdot \frac{z}{k} \cdot 2 \cdot v \cdot L_2 \cdot 10^{-6} = 32 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot 9000 \cdot 10^{-6} = 21,2 \text{ V}$$

Stroj se drži dozvoljenih granica (1: jednu. 19:),
kad koje ne dade u slučaju kratkog spoja u mre-
ži do vatre na kolektor. Konačno kontroli-
ramo još broj nitaka odnosno lamela po
jednu (42), odnosno (81):

$$S = K \geq 0,04 \cdot 2 \cdot \sqrt{I_a} \geq 0,04 \cdot 392 \cdot 11,18 \approx 175 \text{ (1: 196)}$$

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

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

$$1: \text{Jednu (11): } \frac{AS \cdot G_a}{1 + 0,1v} < 500 \div 600 \dots \frac{251 \cdot 4,45}{1 + 1,57} = \frac{1117}{2,57} = 434 \text{ (1: 196)}$$

Pojedn. (45) je onda $q_a = \frac{125}{5,5} = 22,7 \text{ mm}^2$

Tok (ϕ_b) za opterećeni stajmoćemo sada isračunati. Zamislimo si da je pad napona u armaturi i pomoćnim polovima 3%, onda je za telet potrebna EMS

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

Prema tome vrijedi:

$$\phi_b = E_a \cdot \frac{a}{z} \cdot \frac{60}{p \cdot n} \cdot 10^9 = \frac{455 \cdot 1,60}{392 \cdot 3500} \cdot 10^9 = 4,64 \cdot 10^6 \text{ webera}$$

Dakle li indukcija u sraku za opterećeni krut lik

$$L_2 = \frac{\phi_b}{I_{b2}} = \frac{4,64 \cdot 10^6}{25 \cdot 21,3} = 8710 \text{ Gauss}$$

Proj rasporeda za hladnje odaberemo

Prema tome je pojedn. (25) dužina armature

$$\text{Razmak utora na glav. zuba: } z_2 = \frac{\pi \cdot D}{Z_2} = \frac{188,5}{98} = 1,91 \text{ cm}$$

Maksimalnu indukciju u zubu vršimo 22500

Debljina lima /: obični dinamolimi /: za $K_2 = 99$

dobivemo

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

Dubina utora odaberemo najprije pojedn. (71)

3,5 cm, onda je razmak utora na dnu

$$t_2 = \frac{\pi(60-7)}{98} = \frac{166,5}{98} = 1,7 \text{ cm}$$

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

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

dodatak k bakru od 4 mm, utare za totalnu širinu

sinu bakra $88 - 4 = 84 \text{ mm}$ t. j. za štop 22 mm; pre-

ma tome visina štapa $\frac{2,81}{2,2} = 13 \text{ mm}$. Gola žica bi

bila $22 \cdot 13 = 286 \text{ mm}^2$, izolirana parinkom

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

Tačine mjere:

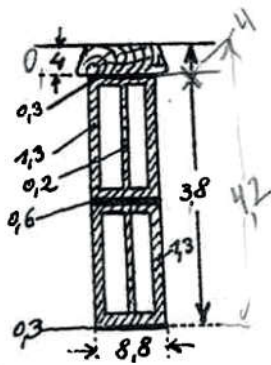
gola žica 22.13 mm
izolirana 3x13,8 mm

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

Mjere utora i utor prikazuje slika (14).

$q_a = 28,6 \text{ mm}^2$
 $\sigma_a = 4,4 \text{ A/mm}^2$
 $b_n = 8,8 \text{ mm}$
 $z_2 = 38 \text{ mm}$

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



prema tome liti će ($L_2 \max$) nešto
veći; nadozvoljen se granica za
indukcijsku ne prelazi.

Konačno slijede još nijese zuba

$$t_2 = \frac{\pi(60-7.6)}{98} = 16.8 /$$

$$\text{Na glavi: } z_1 = 192 - 8.8 = 194 \text{ mm}$$

$$\text{u korenu: } z_2 = 16.8 - 8.8 = 8.0 \text{ mm}$$

$$\text{reduje: } z_{\text{red}} = \frac{194 + 8.0}{2} = 9.2 \text{ mm}$$

$$z_1 = 194 \text{ mm}$$

$$z_2 = 8.0 \text{ mm}$$

$$z_{\text{red}} = 9.2 \text{ mm}$$

Magnetični sistem.

Imali smo: $\phi_0 = 4.64 \cdot 10^6$ Maxwella. Odabe-
remo koeficijent rasipanja najprije 1.15, onda
je tok u magnetu i jaramu

$$v = 1.15$$

$$\phi_m = v \cdot \phi_0 = 1.15 \cdot 4.64 \cdot 10^6 = 5.34 \cdot 10^6 \text{ Maxwella}$$

Magnete i jaram napravimo iz lijevanog čelika
(L_m) odaberemo 14000, što nam daje presjek

$$0.5$$

$$Q_m = \frac{5.34 \cdot 10^6}{14000} = 381 \text{ cm}^2$$

Okoloje dužina armature jednaka dužini magneta $l_m = 28 \text{ cm}$

$l_4 = l_m = 28 \text{ cm}$ /, dolijemo kod pravokutnog presjeka

$$\text{širina } b_m = \frac{381}{28} \approx 13.6 \text{ cm}$$

$$b_m = 13.6 \text{ cm}$$

Prema tome je presjek $13.6 \cdot 28 = 380.8 \text{ cm}^2$

$$Q_m = 380.8 \text{ cm}^2$$

$$L_m = \frac{5.34 \cdot 10^6}{380.8} = 14000 \text{ Gaussa}$$

$$L_m = 14000 \text{ Gaussa}$$

Stopalo

Obzirujući na jedn. (58, 60) uređene stopalo iz lina

$$1.6$$

$$b_i = \alpha_i \cdot T_p = 0.68 \cdot 314 = 21.3 \text{ cm}$$

$$b_i = 21.3 \text{ cm}$$

$$1.6$$

Raspor (S) slijedi iz (93)

$$S = 0.5 \cdot \frac{T_p \cdot AS}{L_2} = 0.5 \cdot \frac{314 \cdot 251}{8710} = 945 \text{ mm}$$

Za kontrolu urumemo jedn. (94), t.j.

$$S \geq \frac{1.2 \cdot b_i \cdot AS - AW_z}{1.6 \cdot K \cdot L_2} = \frac{1.2 \cdot 21.3 \cdot 251 - 3040}{1.6 \cdot 1.2 \cdot 8710} \geq 92 \text{ cm}$$

$$S = 4.5 \text{ mm}$$

Dakle se projektirano (S) može upotrebiti.

Za riješenje zadnje jednačbe po (S) računali smo:

$$AW_z = L_2 \cdot aw_{z_m} = 2 \cdot 38 \cdot 400 = 3040 \text{ /sl 14- III/}$$

(K) računamo pomoću jedn. (III-19)

$$K_1 = \frac{L_1}{z_1 + x_s} = \frac{19.2}{19.4 + 1.5 \cdot 1.25} = \frac{19.2}{16.02} = 1.2$$

$$K_1 = 1.2$$

$$V = \frac{t_2 - t_1}{\delta} = \frac{19,2 - 19,4}{4,5} \approx 2, \text{ sl. III-5 daje } x = 1,25$$

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

Jaram.

U jaram 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: $L_j = \frac{\Phi_m}{2 \cdot Q_j} = \frac{5,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 273} = 9800 \text{ Gaussa}$ $L_j = 9800 \text{ Gaussa}$

Komutator.

Broj lamela $K = 196$ $K = 196$

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

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

$$D_K = \frac{196 \cdot 0,69}{\pi} = 43,1 \text{ cm}$$

Rotorna brzina: $v_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n}{60} = \frac{135,24 \cdot 500}{6000} = 11,27 \text{ m/s}$ $v_K = 11,27 \text{ m/s}$

Najveći napon između lamela je 20,5 V, kao kod opterećenja.

$$E_{dKmax} = \frac{2p \cdot E_a}{a_s \cdot K} = \frac{6 \cdot 455}{968 \cdot 196} = \frac{2730}{133,3} = 20,5 \text{ V}$$

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

Kefice.

Ove odaberemo iz ugljena. Broj svornika napravimo jednak broju polova, t.j. 6. Jakost 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 $b_s = 1,5 \text{ cm}$

$b_s = 2 \text{ cm}$, onda pokriva kefica $\frac{b_s}{\beta} = \frac{1,5}{6,9} = 2,17$ lamela $l_s = 2 \text{ cm}$

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

svaki svornik. Imamo pet kefica po 3 cm^2 , 5 kefica po svorniku

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

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

na ugrijavanje kolektora, što treba ispitati.

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

Proračun ukludjenja za neopterećeni kret.

Odaberemo dio polovnog luka konstantnog raspora jednak $0,45 \cdot \tau_p$, t.j.

$$b = 0,45 \cdot 31,4 \approx 14,1 \text{ mm}$$

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

Radi crtanja magnetnog sistema mora, mojom približno odrediti visinu magneta u smjeru osovine magneta, t.j. (h_m). Po jedini (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 jedini (106) : $h_m = \frac{9800}{1000 \cdot G_m \cdot f_K} \cdot (G_m) \text{ uračunamo}$
 $1,5 \text{ A/mm}^2$ ovaj izgleda struje u magnetizmu

Iz sl. (8) nademo da je struja ukludjenja 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 čini faktor napune: $f_K = 0,55$. vidi str. 26

$h_m = \frac{9800}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,55} = \frac{9800}{825} \approx 12 \text{ cm}$. Radi izola, cije dodamo još 1 cm tako, da visina postane do tačnog računa

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

Ukludjenje neopterećenog kreta.

Za neopterećeni kret je napon 440 V , a tok $\phi = E \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{60}{p \cdot n} \cdot 10^8 = \frac{440 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 10^8}{392 \cdot 3 \cdot 500} \approx 4,5 \cdot 10^6$, odnosno $\phi = E \cdot 1,02 \cdot 10^4$

Da dobijemo neopterećenu karakteristiku, odaberemo napone pod i nad 440 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 indukcijski njezgi armature odaberemo 12000 Gauss , prema tome je efektivni presjek željeza armature

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

visina (h) armature bez rublja:

$$h = \frac{188}{99,25} = \frac{188}{22,5} = 8,35 \text{ cm} \sim 9 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

Notarnji promjer armature:

$$D_1 = D - 2L_2 - 2h = 600 - 76 - 180 = 344 \text{ mm} \quad D_1 = 34,4 \text{ cm}$$

za idealnu indukciju u rubovima dobijemo

jednadžbe:

$$L_{2 \text{ min}} = \frac{t_1 \cdot L_1}{K_2 \cdot Z_1} = \frac{19,2}{99 \cdot 104} \cdot L_1 = 2,05 \cdot L_1$$

$$L_{2 \text{ sred}} = \frac{t_1 \cdot L_1}{K_2 \cdot Z_{\text{sred}}} = \frac{19,2}{99 \cdot 92} \cdot L_1 = 2,31 \cdot L_1$$

$$L_{2 \text{ max}} = \frac{t_1 \cdot L_1}{K_2 \cdot Z_2} = \frac{19,2}{99 \cdot 80} \cdot L_1 = 2,67 \cdot L_1$$

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

$$K_{2 \text{ min}} = \frac{L_1 \cdot t_1}{Z \cdot K_2 \cdot Z_1} - 1 = \frac{28 \cdot 1,92}{25 \cdot 99 \cdot 1,04} - 1 = 1,3$$

$$K_{2 \text{ sred}} = \frac{L_1 \cdot t_{\text{sred}}}{Z \cdot K_2 \cdot Z_{\text{sred}}} - 1 = \frac{28 \cdot 1,80}{25 \cdot 99 \cdot 92} - 1 = 1,43$$

$$K_{2 \text{ max}} = \frac{L_1 \cdot t_2}{Z \cdot K_2 \cdot Z_2} - 1 = \frac{28 \cdot 1,68}{25 \cdot 99 \cdot 80} - 1 = 1,62$$

Po jedr (III-48) je koeficijent rasipanja rubli,

$$\xi_{\text{ro}}: \sigma = 1 + \frac{\xi \cdot L}{b_i \cdot Z} \cdot \Sigma \lambda$$

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

Pojedine veličine jesu

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Q_L = 533 \text{ cm}^2 = \text{bi. l}$$

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

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

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

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

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

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

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

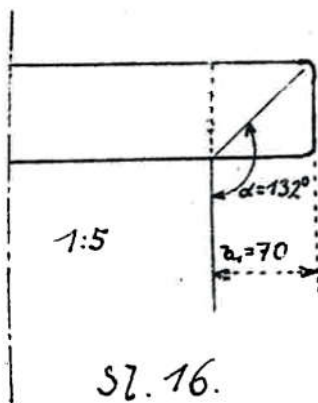
$$Z_p = Z_w = 28 \text{ cm}$$

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

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

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

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



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

$$L_2 = L_1 + 5 \cdot \pi = 12,5 + 15,7 = 28,2 \text{ cm}$$

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

$$L_4 = L_3 + \frac{7}{4} \cdot \pi = 27,5 + 5,5 = 33,0 \text{ cm}$$

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

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

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

$$F_p = 20,0 \text{ cm}^2$$

$$h_3 = 9,0 \text{ cm}$$

$$a_5' = 17 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{a_5 h_5}{L_5}\right)' = 0,425$$

$$h_5' = 1,0 \text{ cm}$$

$$a_5'' = 3,0 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{a_5 h_5}{L_5}\right)'' = 1,125$$

$$h_5'' = 3,0 \text{ cm}$$

$$a_5''' = 3,0 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{a_5 h_5}{L_5}\right)''' = 1,034$$

$$h_5''' = 5,0 \text{ cm}$$

$$\Sigma = 2,584$$

$$\sqrt{h_1^2 + b_1^2} = 9,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = \frac{a_1}{q \cdot 8} \left(\frac{2w}{L_1 - 2w} + \frac{2p - 2w}{L_1} \right) = \frac{1,5}{9,8} \left[\frac{28,0}{8,5} \right] = 6,17; \quad \lambda_2 = \frac{F_p}{q \cdot 8 L_2} = \frac{20}{20,1} = 1,00$$

$$\lambda_3 = \frac{h_3 a_3}{h_{mm} q \cdot 8} \left(\frac{2k}{L_3 - 2k} + \frac{2m - 2k}{L_3} \right) = \frac{9,0}{13,0} \cdot \frac{6,6}{9,8} \left(\frac{18,0}{2,5} + \frac{7}{27,5} \right) = 5,43$$

$$\lambda_4 = \frac{h_3 a_3 b_{mm}}{q \cdot 8 h_{mm} L_4} = \frac{9,0 \cdot 6,6 \cdot 12}{9,8 \cdot 13,0 \cdot 37,0} = 1,8; \quad \lambda_5 = \frac{7 m \Sigma}{q \cdot 8 h_{mm} L_5} = \frac{25,0}{9,8 \cdot 13,0} \cdot 2,584 = 6,20$$

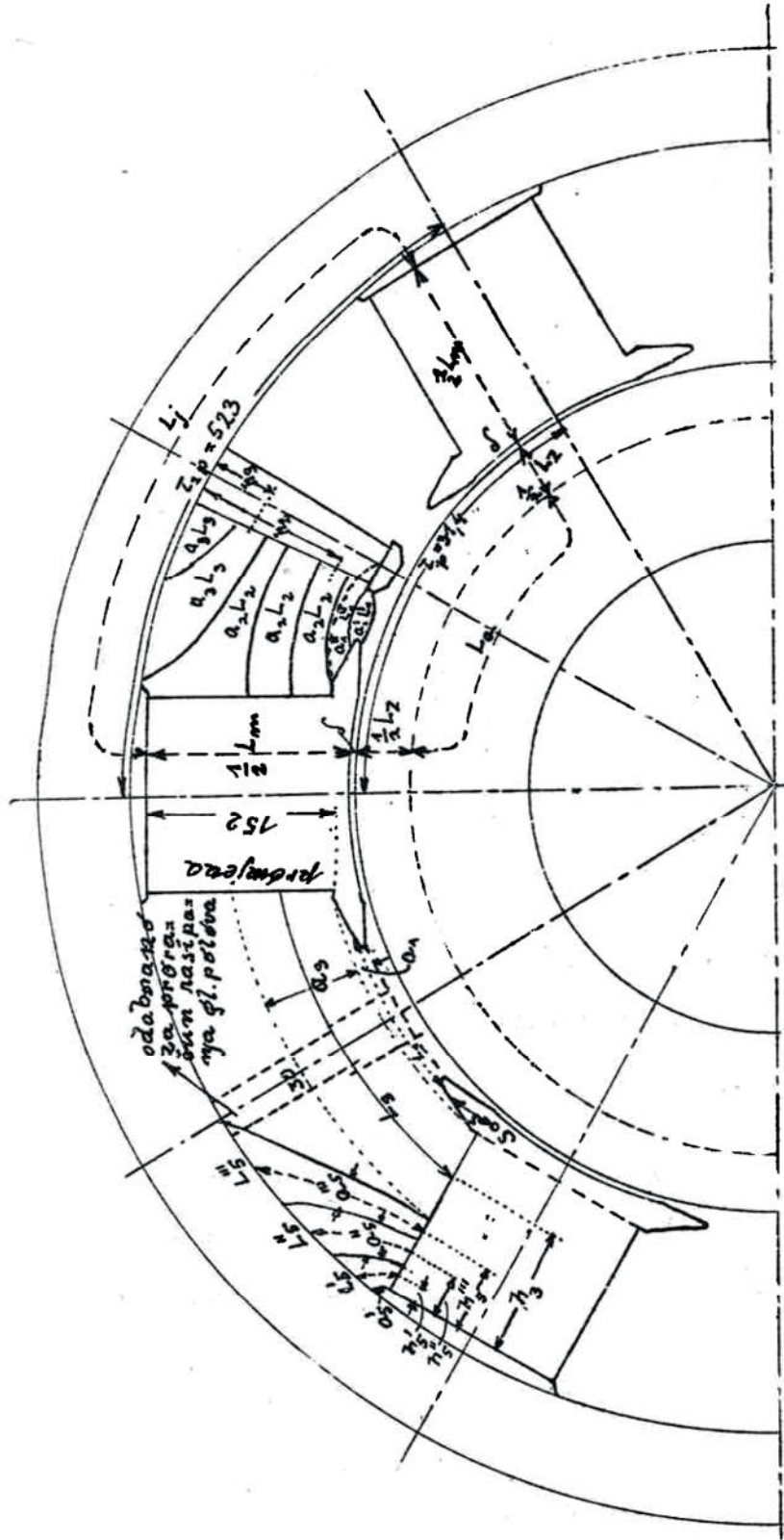
$$\lambda_6 = \frac{b_{mm}}{1,6 \pi} \cdot \frac{\sqrt{h_1^2 + b_1^2}}{h_{mm}} \cdot \frac{180}{\alpha} = 2,38 \cdot 0,73 \cdot 1,36 = 2,36$$

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

$$\sigma = 1 + \frac{5,8}{b_1 \cdot 2} \Sigma \lambda = 1 + \frac{2,25}{533} \cdot 21,96 = 1,09. \text{ Odatno li}$$

samo li $v = 1,15$, koji ćemo vrijednost i za $v = 1,15$ dati proračun zadržati.

Karakteristiku neopterećenog kreta prikazuje slika (17) str. 51; Krivulja (I). Iz ove krivulje vidimo da broj AZ za opterećeni kret, t.j. $E = 455 \text{ V}$, 12000 amper-zavoja /AZ/ za magnetni kug. Jer su ke, fice neutralnoj zoni moramo uzeti u obzir samo razmagnatizirajući učinak poprečnih AZ. Ove amper-zavoje možemo dostatnom tačnošću odrediti iz krivulje prelaza - sl. (18) -. Pravac (AC) odgovara indukciji (L_L) za opterećeni kret = 8710 Gaussa. Indukciju smo li izračunali iz: $L_L = \frac{\Phi_0}{2 b_1}$. Položaj tačke (A) i (C) na pravcu (AC) odaberemo tako, da je $AC = b_1 \cdot AS = 21,3 \cdot 251 = 5346 \text{ AS}$, te da je (matarak na str. 49)



Sl. 15

merilo: 1:5

Tabela VI.
(Izračunavanje neopterećene karakteristike.)

E =	Volta	100	200	300	400	450	500
$\phi = E \cdot 1,02 \cdot 10^4$		$102 \cdot 10^4$	$2,04 \cdot 10^6$	$3,06 \cdot 10^6$	$4,08 \cdot 10^6$	$4,59 \cdot 10^6$	$5,10 \cdot 10^6$
$L_2 = \phi : 533$		1920	3830	5740	7650	8610	9570
$L_a = \phi : 404$		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} efekt. 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
$L_j = \phi_m : 446 = \phi_m : 2Q_j$		2150	4300	6450	8600	9670	10750
$a \cdot w_a$		94	95	1,8	3,5	4,7	7,0
$a \cdot w_{2min}$		945	1,9	5,2	29	80	220
$a \cdot w_{2red}$		9,5	2,6	8,5	80	230	690
$a \cdot w_{2max}$		9,5	3,9	25	300	750	1400
$a \cdot w_2 = (a \cdot w_{2min} + 4 a \cdot w_{2red} + a \cdot w_{2max}) : 6$		95	27	107	110	292	730
$a \cdot w_m$		9,8	2,3	4,7	12,5	29	85
$a \cdot w_j$		9,2	9,8	1,4	2,0	2,6	3,8
$AW_a = 25 \cdot a \cdot w_a$		10	13	45	87	117	175
$AW_2 = 7,6 \cdot a \cdot w_2$		4	21	81	836	2220	5548
$AW_2 = 0,86 \cdot L_2$		1651	3302	4953	6604	7430	8255
$AW_m = 28,5 \cdot a \cdot w_m$		23	66	135	356	826	2423
$AW_j = 50 \cdot a \cdot w_j$		10	40	70	100	130	190
AW_{k0}		1698	3442	5283	7983	11723	16591
AW_{t0}		5094	10326	15849	23949	35169	49773

9650
4825
9650
7825
35169
35638
1500
33200 AZ
10078
197.125
35200 = 16

ploština (AEBA) jednaka ploštini (BCDB). Točka (F) leži u sredini između (A) i (C). (BF) je prema tome jednako broju namagnetiziranih AZ po pol, tj. 500 po pol, odnosno 1000 AZ po magnetski krug. (p) u cm slijedi iz jedna.

$$p = 500 \text{ AS}$$

$$= 2 \text{ cm}$$

Broj AZ za puni teret je prema tome $AW_K = 12000 + 1000 = 13000 \text{ AZ}$; totalni broj svih kum. gora $AW_K = 13000 \text{ AZ}$

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

$$AW_K = 39000 \text{ AZ}$$

Da kontroliramo odabrani koeficijent rasipanja računamo ga za opterećenje po jedr.

(III-64):

$$V_b = 1 + \frac{2(AW_K + AW_2 + AW_3 + AW_4)}{\phi_b} \approx 1 + \frac{2(7510 + 2500 + 130 + 1000)}{4,64 \cdot 10^6} \cdot 22 \quad V_b = 1,1056$$

U neopterećenju karakteristici - sl. 17 - mo, žemo sada crtati trokut (QBC). Odm - ovo opada, nije (Qb) ^{vršimo} da je ~ 3%, onda je (Qb) = $Qb = 0,03 \cdot 440 = 13,2 \sim 13 \text{ V}$; $b_e = 2 \cdot p \cdot AS = 1000 \text{ AZ}$.

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

Krivulja II prikazuje vjernost tereta i: demo mjerilo: / sa odgovarajućim brojem AZ (QQ').

Za kontrolu (AW_K) služi nam jedr. (87), odnosno (95), koje su potpuno ispunjene. Raspor (8) mogao bi se nešto umanjiti. Zadržimo li dosadašnju vrijednost bit će rasteranje po glj maleno, a komutacija povoljna.

Uzbudjenje (poredni namotaj)

6 vitaka spojimo u seriju. Presjek sli, jedr iz jedr. (111):

$$I_m = \frac{(1 + 0,004 \cdot T_m) AW_K \cdot I_m}{5700 \cdot u} (1,1 \div 1,2)$$

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

ako i namislino visinu namotaja 5,5 cm, te 2 mm razliku struje sa izolacijom.

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

$$I_{m1} = 5,5 \text{ cm}$$

$$T_m \approx 50^\circ\text{C}; AW_t = 39000; U = 44.0\text{V}$$

$$q_m = 1,2 \cdot 1,2 \frac{3900 \cdot 102,6}{5700 \cdot 44,0} \approx 2,24$$

Odaberemo $d/d' = 1,7/2,1$, onda je presjek $q_m = 2,27\text{ mm}^2$. Gustoća (g_m) smislili 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: $\frac{11400}{2} = 1900$.

Otpor namotaja je

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

Maksimalna struja $\frac{44,0}{108,4} = 4,06\text{ A}$

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

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

ako ćemo ove rezultate, koji potpuno odgo-
varaju, pridržati, moramo prostor računati:

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

za svaki sloj imamo dakle $1900 \cdot 27 = 70$ žica,

odnosno radijalna visina magneta

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

152 mm namjesto prije izračunanih 130 mm.

Radi ovog povećanja povećalo se (l_m) i (l_j);

prema tome i potrebiti broj AW , ali tako ne,
znatno, da ne dolazi u obzir, a to tim manje
što imademo ^{dostatan} rezervu $1:13000 \div 15428 = AW_k$!

Struja magnetiziranja računajući
kret je $1:11200\text{ A} \cdot 2$:

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

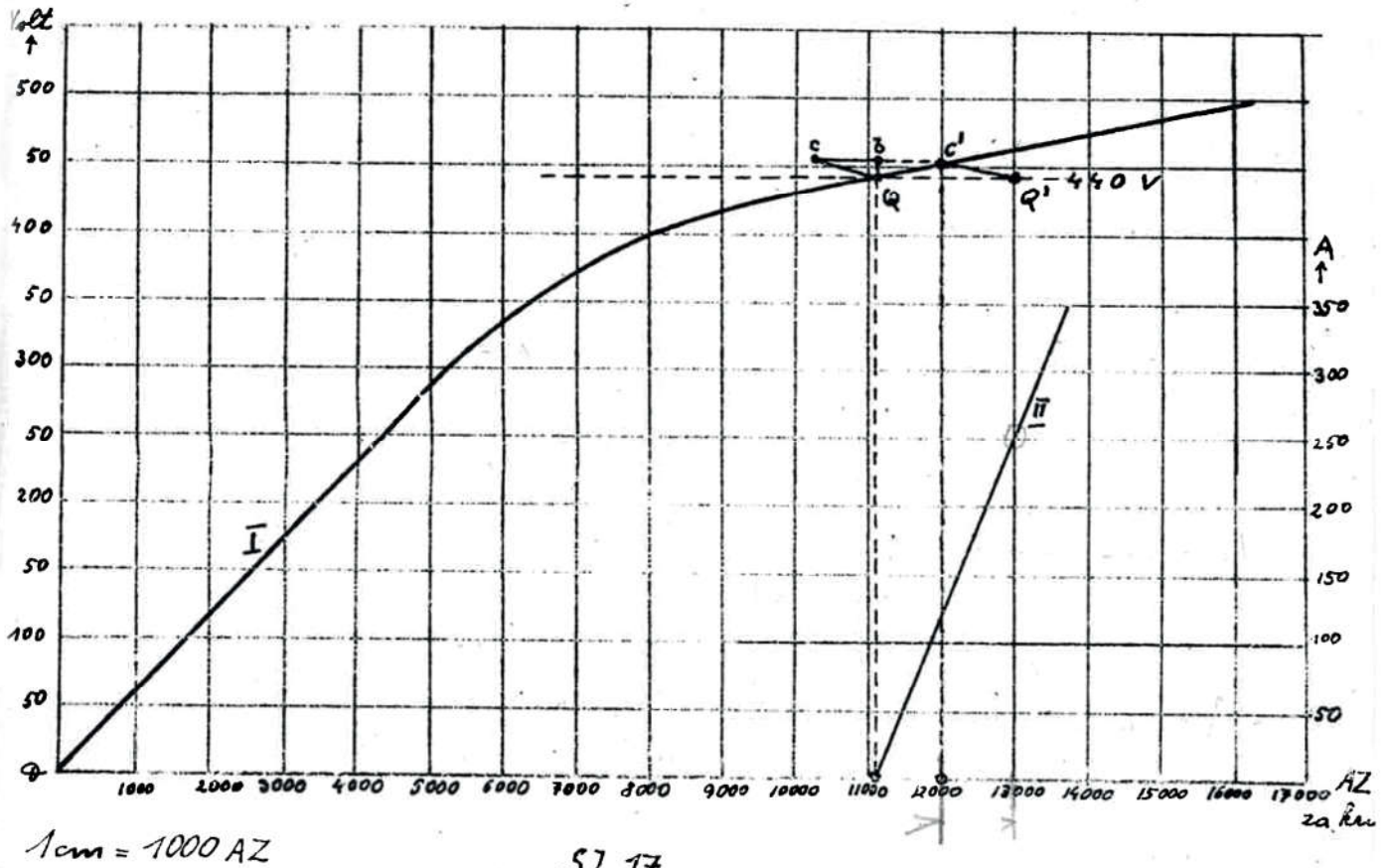
$$I_{0m} = 2,95\text{ A}$$

Da se može izjednačiti uticaj promjene

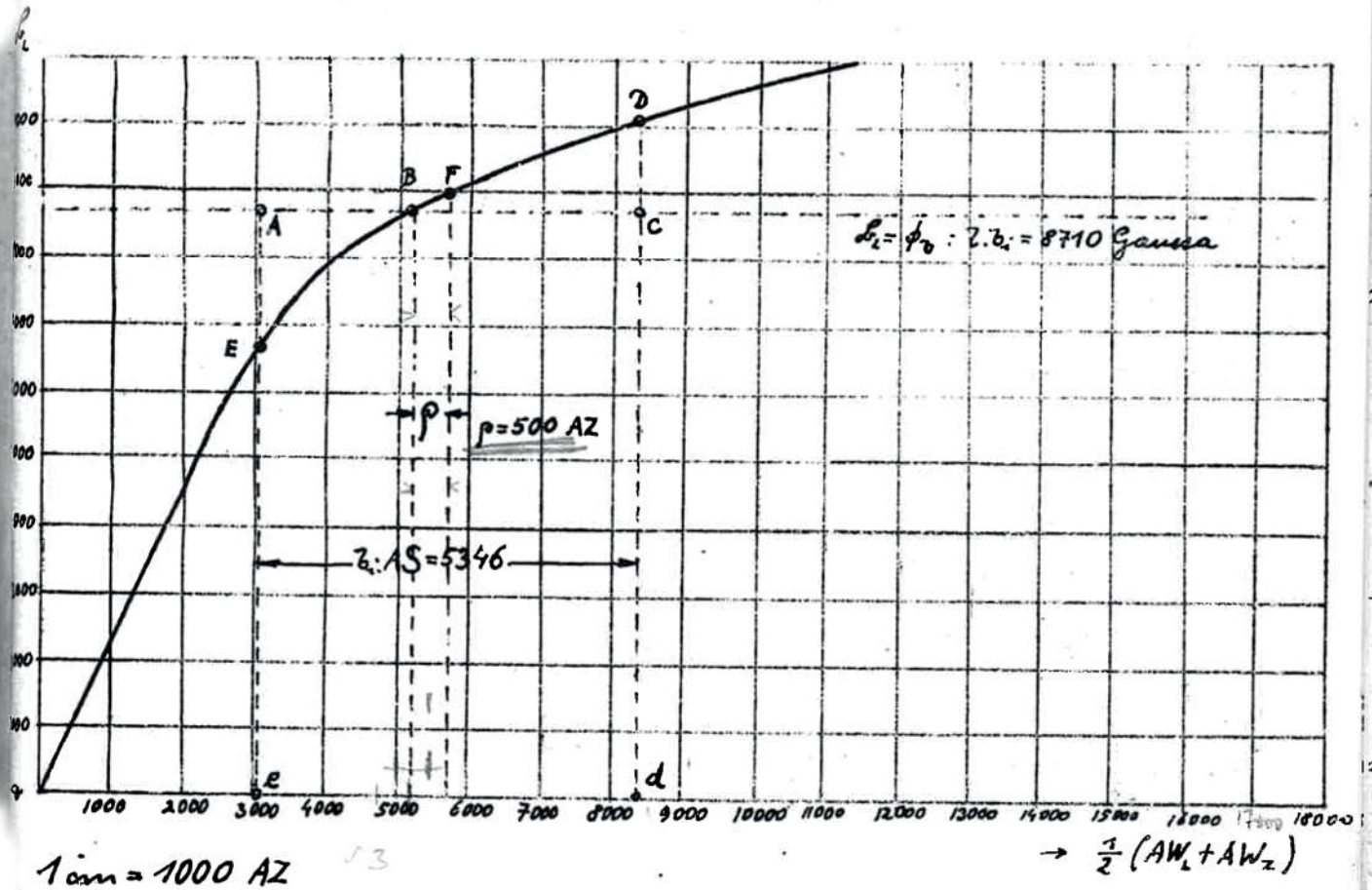
broja zavoja na napon, napravi se otpor za pred,

kopiranje i regulaciju pojedn. 120

$$R_m = (1,1 \div 1,5) \left(\frac{U}{I_{0m}} - \frac{l_m \cdot W_m}{5700 \cdot q_m} \right) = 1,3 (149,1 - 99,4) = R_m = 76\ \Omega$$



SL 17



SL 18

Komutacija

Širina zone komutiranja je pojedn.

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

$$b_K = t_n + b_n + [\epsilon_K - (1 + \rho_w) \frac{a}{p}] \beta_n. \text{ -- Ovdje je}$$

$$t_n = 1,92 \text{ cm}; \quad b_n = b_0 \frac{D}{D_K} = 1,5 \cdot \frac{60}{43,1} = 2,08$$

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

$$1: \frac{K}{2p} - \frac{1}{2} (\gamma_n - 1) : 1: \epsilon_K = \frac{12,6}{6} = \frac{1}{2} (65 - 1) = 32,67 - 32 = 0,67$$

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

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

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

Po jedn. (90) odaberemo $b_w = 2 \cdot t_n = 2 \cdot 1,92 = 3,84 \text{ cm}$ $b_w = 3,84 \text{ cm}$

što također odgovara jedn. ($b_w < b_K$). Štopalo crtamo poslici (14) - sl. (19). Štopalo napisa,

vrhove iste dužine kao od gla,

vrh polova, t.j.: $l_w = l_p = 28 \text{ cm}$. $l_w = 28 \text{ cm}$

Poprečno polje armature nemože

onda nigdje ulaziti u rom

komutacije, te joj smetati.

Prematome dođu u obzir samo

vodljivosti (λ_m, λ_{kw}) i (λ_s). Jednaka (141):

$$\lambda_m = 1,25 \left(\frac{2,5 \cdot A}{3 \cdot n_3} + \frac{n_5}{n_3} + \frac{n_7}{n_8} + \frac{2 \cdot n_6}{n_3 + n_8} + \frac{n_4}{n_1} \right) \text{ dade,}$$

obećeno na sl. (14):

$$\lambda_m = 1,25 \left(\frac{2,5 \cdot 1,3}{3 \cdot 0,88} + \frac{9,8}{1,96} \right) = 1,25 (1,23 + 9,41) = 2,05$$

$$\lambda_m = 2,05$$

$$\text{Jedn. (143): } \lambda_{kw} = \frac{1,25 \cdot b_w}{4 \cdot d_w \cdot K_1} = \frac{1,25 \cdot 3,84}{4 \cdot 1,1 \cdot 1,1} = 1$$

$$\lambda_{kw} = 1$$

okomistujemo; $K_1 = 1,1$, i ra: $d_w = 1,1 \text{ cm}$ što treba još ispitati.

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

$$\lambda_s = 1,04$$

$$\text{toga je: } Z_a = Z_n + 14 \cdot Z_p + 5 = 28 + 14 \cdot 3,4 + 5 = 77 \text{ cm.}$$

Prematome konačno:

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

$$\lambda_n = 4,09$$

Prednja vrijednost polja utora je

$$L_m = 2 \cdot A \cdot \lambda_n \cdot \psi = 2 \cdot 251 \cdot 4,09 \cdot 0,443 = 910 \text{ Gaussa}$$

$$L_m = 910 \text{ Gaussa}$$

$$\psi = \frac{t_n}{b_K} = \frac{1,92}{4,33} = 0,443.$$

$$\psi = 0,443$$

$$\text{Za konstantu armature sinoidalni } A = 0,591$$

$$A = 0,591$$

Najugodnije polje komutacije je pojedn. (137)

$$L_K = 2 \cdot A \cdot \psi \cdot \lambda_n + \frac{R_0}{\pi b} \cdot \frac{A \cdot S}{A} = 910 + \frac{1}{2,174} \cdot \frac{251}{0,591} = 1105$$

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

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

Za komutaciju u tangenti tiela nam pođe komutacije po jednu (138) $1:2.e_b V$:

$$L_{ktg} = 1300 \text{ Gauss}$$

IZ veličine ovih indukcija vidimo, da li stroj dobro komutira takođe bez pomoćnih polova.

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

$$e_{K1} = \frac{z_b}{\beta} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{z}{K} \cdot \tau \cdot v \cdot L_K \cdot 10^{-6} V =$$

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

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

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

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

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

Potrebni broj AZ sledi iz jedn. (162)

$$AW_w = 1,1 (\tau_p \cdot AS + 1,6 \cdot K_w \cdot \tau_w \cdot L_K) = \text{(za par polova)}$$

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

$$A_w = 11022 AZ$$

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

$$22 \text{ ravoja propol}$$

Da vidimo da li smo odabrali pravilno (τ_w)

$$\text{tražimo: } \tau_{w2} = \tau_p \cdot AS = 7881; \tau_{w0} = 1,6 \cdot K_w \cdot \tau_w \cdot L_K = 2139$$

$$\frac{\tau_{w2}}{\tau_{w0}} = \frac{7881 + 2139}{7881} = 1,27 \text{ što približno dobro odgo,}$$

vara jedn. (165).

Gustoću struje odaberemo po istom pravilniku, kao što vrijedi za serijski namotaj....

$$\text{Presjek: } q_w = \frac{250}{1,7} = 147 \text{ mm}^2 = 5.30$$

$$q_w = 1,7 A/\text{mm}^2$$

$$q_w = 150 \text{ mm}^2 =$$

$$= 5.30 \text{ mm}$$

$$z_K = 20 \text{ cm}$$

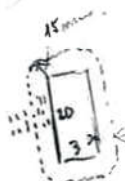
$$z_{wK} = 3 \div 4,5 \text{ cm}$$

Dalje odaberemo dužinu jezgre: $0,7 \cdot z_w =$
 $= 0,7 \cdot 28 = 20 \text{ cm}$, te uzmemo da širina jezgre raste
 od stopala $1 = 3 \text{ cm}$ / do jaruma $1 = 4,5 \text{ cm}$, onda
 je srednja dužina jednog ravoja 1 : motan
 na visoki : 1 :

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

Totalna suma ravoja: $6 \cdot 22 = 132$; totalna
 dužina: $132 \cdot 0,55 + 21 \text{ za spoj} = \sim 75 \text{ m}$.

Otpor u toplom stanju 1 : $T_m = 50^\circ C$:



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

Iz jedna (III - 106 ÷ 110) dobijemo slijedeće to, koje su pomoćne polove:

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

$$= 3,84,28 \cdot 1105 = 123760 \text{ Maxwella}$$

$$(2\phi_{w1}) \text{ pojedn. (III - 106)} = \left[\frac{a_1'(l_w + b_w + l_p)}{1,6 \cdot L_1'} + \frac{a_2''(l_w - l_k)}{0,8 \cdot L_1''} \right] AW_w =$$

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

$$(2\phi_{w2}) = \text{pojedn. (III - 108)} = \frac{l_k + b_k + l_m}{1,6 \cdot h_k} \cdot \sum \frac{h_2 \cdot a_2}{L_2} \cdot AW_w =$$

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

$$(2\phi_{w3}) = \text{pojedn. (III - 110)} = \frac{l_k + b_k + l_j}{1,6 \cdot h_k} \cdot \sum \frac{h_3 \cdot a_3}{L_3} \cdot AW_w =$$

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

(za b_j) uvelismo 28 cm!

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

$$V_w = 1 + \frac{2\phi_{w1} + 2\phi_{w2} + 2\phi_{w3}}{\phi_a} = 1 + \frac{169100 + 147500 + 100000}{123760} = \frac{44}{3,6} \quad V_w = \frac{3,6}{44}$$

Na donjem kraju pomoćnog pola je indukcija u jezgri

$$L_{wm} = \frac{\phi_{wa} + 2\phi_{w1}}{b_k' \cdot l_k} = \frac{123760 + 169100}{3 \cdot 18} = 5500 \text{ Gaussa}$$

Na gornjem kraju

$$L_{wm}'' = \frac{\phi_{wa} + 2\phi_{w1} + 2\phi_{w2} + 2\phi_{w3}}{b_k'' \cdot l_k} = \frac{540360}{81} = 6700 \text{ Gaussa}$$

U jaranu ulazi tok pomoćnog pola

$$\phi_{wm} = \phi_{wa} + 2\phi_{w1} + 2\phi_{w2} + 2\phi_{w3} = 540400 \text{ Maxwella}$$

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

U jaranu idu ovi tokovi skupa tako, da imamo u jednoj polovici jarana tok

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

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

a u drugoj polovici jarana imamo tok

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

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

Iz ovih indukcija, te iz indukcije u pomoćnom polu vidimo, da stoji komutacija

besprihorno kod preopterećenja daleko nad 50%.
Tako velika sigurnost nije potrebna, jer se je moralo
nisti. Stoga bi bilo zgodno umanjiti nešto dužinu
(l_k), te tako pristediti na bakru. Isto tako bi mo-
gli povećati nešto indukcije 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, hoj se
veličine mora umanjiti ili povećati, da se stoji
do kraja iskoristi. Ove se promjene preporuča
načiniti podvrištenom proračunu 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 topline slijedi:

Gubitci u armaturi.

Broj perioda frekvencije je: $\sim = \frac{p \cdot m}{60} = \frac{3 \cdot 500}{60} = \sim = 25$.

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

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

za indukciju $B_a = 11400$ gubitak $1,75 \text{ W/kg}$
 $B_{2,1} = 17800$ $4,2$ " /: interp:/
 $B_{2,2} = 23100$ $7,2$ "
 $B_{2,3} = 20000$ $5,5$ "

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

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

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

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

Težina rublja po jednu ($V_1 - 4$)

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

$$G_z = 60,5 \text{ kg}$$

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

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

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

Gubitak uslijed topline u armaturi:

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

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

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

$$R_a = 0,0537 \Omega$$

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

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

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

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

Gubici u magnetizmu.

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

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

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

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

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

Toplina u porednom namotaju: $i_m = 3,5 \text{ A}$
za puni teret: /:

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

U porednom sklopu totalni: $440 \cdot 3,5 =$

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

$N_m = 1540 \text{ W}$

Gubitak u komutatoru.

Računa se po jedn. (V) - 16 ÷ 18). Za nedrže
tvrđi 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 jedn. (V) - 20) 1,5% predanog korisnog djelovanja /: uključivo ventilaciju, i.t.d.:/

$N_m = 1500 \text{ W}$

Totalni gubici su prema tome

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

$N_z = 9074 \text{ W}$

Stepen djelovanja za puni teret:

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

$\eta' = 91,7\%$

Ugrijavanje:

armatura: jedn $25,26 - V_1$

M. Plöhl:

Jaka struja I. svekak III.

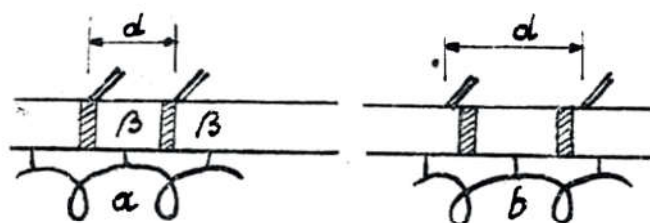
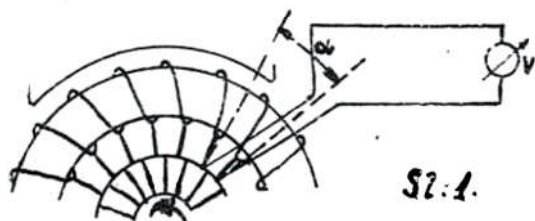
W. Garschke

1. Primanje krivulje zoga.

Radiobu zoga na obodu armature može se eksperimentelno na taj način odrediti, da se izmjeri u svitku induciranoj el. m. s. na različitim mjestima zoga. Ako je brzina konstantna, onda je jakost zoga na dotičnom mjestu proporcionalna mjerenoj el. m. sili. -

a.) Primanje pomoću dviju pomoćnih kefica

Na krajevima jednog svitka armature induciranoj el. m. s. može se izmjeriti u kojekakvom položaju svitka pomoću dviju malenih uskih kefica, koje se miču na kolektoru. Mjerena intenziteta je medija vrijednost intenziteta



Sl. 2.

zoga između luka α , - sl 1 -, koji odgo-
vare vremenu μ
kojemu je svitak (ili
svitci) spojen sa la-
melama.

Pomoću kefice mora-
se narađati, u tako-
voj udaljenosti d -
- sl 2 a i b -, da su
prislonjene na onu
lamelu, koja je spo-

jena sa početkom odnosno početkom svitka. Nda-
ljenost odgovara jedna tome koraku u lamel-
lama μ .

Imamo li kefice previše udaljene, onda se mjeri
u intervalima napon dviju svitaka. Ako je $d < \mu$,
onda se opet spori krug voltmetra tim duže

kratkot, čim je veća razlika $\beta - \alpha$. Debljina kofica mora biti manja, nego debljina izolacije (najugodnije tašak lim is celika ili novog srebra)

Ima li armatura petljasti namotaj, mjeri se napon susjednih lamela, koje su udaljene za m lamela (m -struka petlj. namot.)

Ima li armatura valoviti namotaj, onda je udaljenost kofica ili y_k ili a lamela. U prvom slučaju leži između kofica jedan svitak, u drugom p svitaka. Za p svitaka ne mjerimo krivulju polja jednog pola, nego srednju vrijednost p polova. Da se dobije citavu krivulju izlazi se iz neutralne zone te ide potpuno oko komutatora.

Mjerenje napetost odgovara samo onda, ako armatura nema struje. Teče li kroz svitak namotaja struja, onda je inducirana el. m. s. jednaka mješnjoj $\pm$ otpadaju u svitku. (+gen. - mot.). Iz mjere e_x el. m. s. e_x dobije se indukciju D_x pomoću pilu.

$$e_x = S' \frac{z}{k} l D_x \cdot 10^{-6} \text{ Volta}$$

$$D_x = \frac{e_x \cdot 10^6}{S' \frac{z}{k} l v}$$

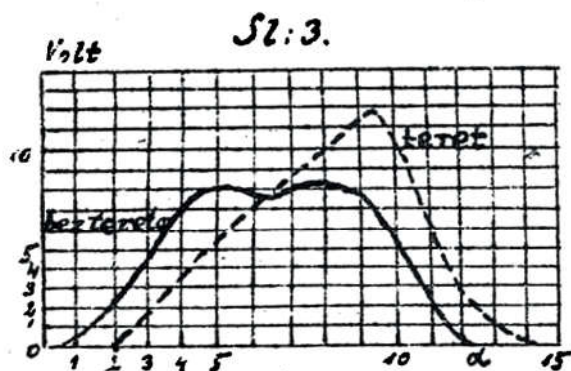
(1)

S' označuju broj svitaka, koji leže između kofica, $\frac{z}{k}$ je broj induciranih vodiča jednog svitka, v obodna brzina armature u m/sec. Iako je korak jako skraćeu, onda se na taj način ne može odrediti apsolutnu veličinu intenziteta polja. Hoće li se ovo mjerenje točno načiniti, uime se svitak za ispitivanje koji se metne na armaturu ili oscilograf. U ovo ispitivanje ne čemo ovdje zalaziti, jer su potrebne posebne sprave (vidi Arnold, Johu i d. d.)

Nacrtamo li krivulju, koja sadrživa vrijednosti $e = f(\alpha)$ (e u ovisnosti od α , odnosno od udaljenosti od početne točke) onda dobijemo krivulju komutatora pl. 3. / vidi /

Polje dobijemo prema tome u volt-mjerilu. Odabereuo udaljenost (ili) pomoćnik kofica za petljasti namotaj jednaku y_k , onda je mjerenje

napon napetost dviju strana, koje induciraju
dva pola. Da dobijemo polj jednoga pola, moramo estati
$$e' = \frac{e}{2} = f(\alpha) \quad (2)$$

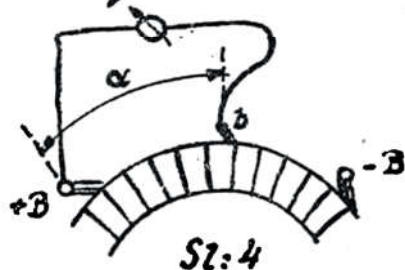


Da valoviti namostaj odgo-
vara e ep struvarna, prema
Tome

$$e' = \frac{e}{2\pi} = f(\alpha) \quad (3)$$

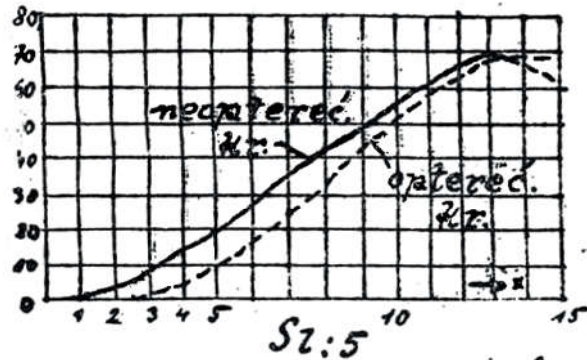
Primajući može se napraviti u
opterećenom i neopterećenom
kretu. Otpadajući napona

u svitku ili svitcima, što će se između kefisa,
može se kod generatora adirati; kod motora subtra-
hirati. Također iz potencijalne krivulje komutator-
ne može se pronaći krivulja polja. Voltmetar sl
4. spojen je statuo s keficom +B. Te pomoć. keficom
b. U različitim položajima kefice b mjerenu napon
e_x jednak je naponu straja, ako padne kefica b
suziluo s keficom -B. Postane li α veće, nego ras-
mak polova onda počne e_x opet padati. Čitamo

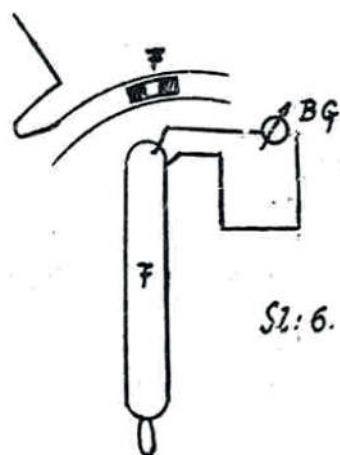


li e_x u ovisnosti od α, do-
bijemo potencijalnu krivulju
komutatora, te na taj na-
čin također krivulju polja,
ako se subtrahira od svoje
ordinate prijašnja te crta di-
ferencu u ovisnosti od α.

b. Primajući krivulje
polja u stanju mirovanja.
Da se može primiti krivulja
polja također za položaje ke-
fica, u kojima bi stroj u



prigodu je jako iskorisno upotrebi se slijedeća metoda
- sl. 6. - Maleni svitak F, koji je približno iste
dužine kao armatura udereu je u raspor i to
Tako, da se može u smjeru osovine micati.
Svitak se spoji sa galvanomet. (baklič. galv.)



Stroj je u stanju mirovanja, magneti normalno urbudeći. Izvuce li se brzo svitak, dobije se otklon galvanometra, pomoću kojega se odredi induc. el. m. s.

Zgodnija je upotreba spirale iz vismuta. Vismut ima svojstvo da promijeni u magn.

tičkom polju vodljivost. Promjena iznosi približno 5% za indukciju od 1000 cgs. Promjena je dalje ovisna o temperaturi. Koeficijent temperat. nije konstant, t. j. nije isti za svaku indukciju. Svaka spirala vismuta ima svoju karakternu krivulju, koja prikazuje pojedine veličine, tako da se može odmah odrediti traženu indukciju. Najzgodnije je upotrebiti ovu spiralu kod iste temperat., kod koje je bila određena. U pogonu se spirala ne može upotrebiti, jer nije temperat. fiksirana.

Kod primanja krivulje nužno se spirala paroklono poravnava sa polovnom rasudaka, radi čega tako da se dobije polje u rasporu nad rubom i nad u. Torom. Udaljenost od početnog položaja mjeri se u stupnicama na posebno udrećenoj ploči.

a.) Primanje polja neopter. kr. magnet. urbudeći strujom koja odgovara neopter. kr. magnet. normalnom stanju mirovanja bez struje.

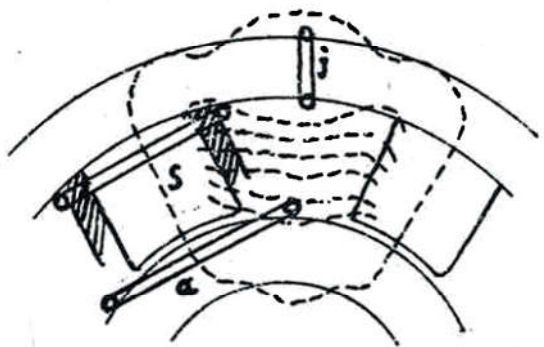
β.) Poprečno polje armature. Stroj bez urbudećih polja u položaju pogona, armatura u stanju mirovanja sa normalnom strujom.

γ.) Rezultirajuće polje: Magnet normalno urbudeći, armatura u stanju mirovanja sa normalnom strujom. Ovu krivulju može se također dobiti sumacijom krivulji β i α.

2. Određivanje koefic. rasipanja

U jednom dijelu magnetič. kruga ne čini

imati sve crte zloga, koji predstavljaju amperovske
 je na magnetu. Jedan
 dio ϕ_x spoji se kroz sve



Sl: 7

Primer svih crta
 ϕ_e i toka u kojim god
 dijelu kruga / armature
 ϕ_a , yaramu ϕ_j (t.d.) / sve.
 mo koeficijent rasipanja
 (vidi III-6.) Prema tome
 medu

$$\sigma_a = \frac{\phi_e}{\phi_a} \quad \sigma_j = \frac{\phi_e}{\phi_j} \quad \text{t.d.} \quad (4)$$

Koeficijent rasipanja uvijek je veći nego jedinica.
 poredi li se ove koeficijente pomoću svitka za iz-
 tražuje sl. 7. i to time, da se mjeri d. m. s., ko-
 ja nastane, ako se brzo promijeni tok svitka.
 Najvažnije je određenje koefic. σ_a za armaturu
 magnetični otpor željeza armature raste sa
 zasićenjem, a otpor rasipanja ostane približno
 isti. Ako je željezo armature zasićeno, onda
 povećanje porast amperovsoga porast toka (ϕ_a).
 Koeficijent rasipanja ϕ_x , ali samo nerastan
 porast toka ϕ_a , koeficijent rasipanja

$$\sigma_a = \frac{\phi_e}{\phi_a} = \frac{\phi_a + \phi_x}{\phi_a} \quad (5)$$

raste prema tome sa zasićenjem.

Struju magnetiziranja ne smije se staviti
 uključiti; mora se je samo za određeni interval
 niti. Uključanje struje dalo bi nepravilne koefic.
 rasipanja. Svitak za mjerenje mora biti u ovom
 položaju, u kojem obuhvati po mogućnosti naj-
 veći tok, koji dolazi u određenom dijelu kruga
 u okvir. Položaji su nacrtni u sl. 7. Za armu-
 turnu medu još, da mora biti u svitka biti je
 dužina razmak polova i. Struju magneti-
 ziranja mora se jednoliko promijeniti na svim

magnetima, da odgovara radijusa toka, radijusa u naponu.

a.) Bakrčena metoda; Oznaci li ϕ tok kroz svitak, koji je spojen s galvanometrom, u broj zavoja svitka, onda je inducirana d. m. s.

$$L = -w \frac{d\phi}{dt}$$

i mušina elektricitete

$$Q = \int_{t=t_1}^{t=t_2} \frac{Q}{T} dt = - \frac{w}{T} \int_{\phi=\phi_1}^{\phi=\phi_2} d\phi = \frac{w}{T} (\phi_1 - \phi_2) = C \cdot \alpha$$

ako označimo s α otklon galvanometra (formatora, ni zrcalom i dalekozorom) / C konst. fak. instrum. Iz ove jilu. slijedi

$$\phi_1 - \phi_2 = \frac{C \cdot \alpha \cdot T}{w} \quad (6)$$

T je otpor čitavog kruga. H. s. prikazuj seenu spaja, sa kojim možemo odrediti slijedeće ve. ličine:

1.) Konstantni faktor C galvanometra. Za ove svrhe služi svitak w_1 i w_2 . w_2 je maleni svitak, zavoji od veoma tanke žice, visina svitka veoma malena prema w_1 . Dužina I svitka w_1 , po najmanje 10 puta promjer d. Onda imamo u se. dnu svitka w_1 , žoji jakost / vidi I. - c)

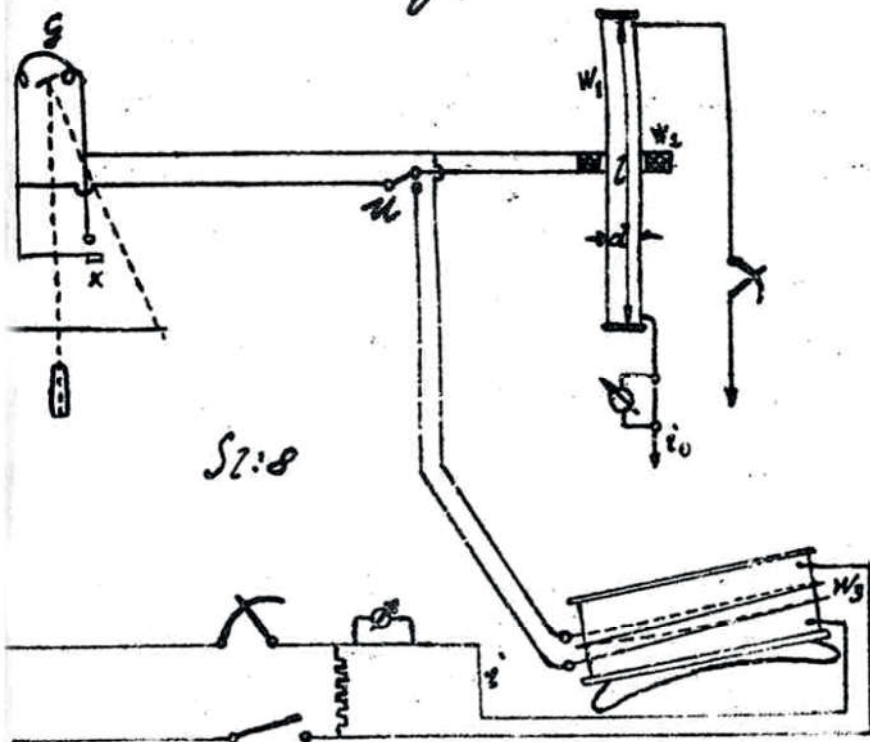
$$H_0 = \frac{94 \pi \cdot w_1 \cdot i}{L} \quad (7)$$

to je struja u amf., što teče kroz svitak w_1 , dužine L cm sa brojem zavoja w_1 . Ispostavi li se i_0 , inducira tok, što se izgubi $-\phi_0$ u svitku w_2 d. m. s. Iko p. 2. presjek svitka w_1 u cm^2 ; w_2 broj zavoja svitka w_2 , r_0 otpor kruga galvanometra, onda je

$$\phi_0 = H_0 \cdot Q = \frac{C \cdot \alpha_0 \cdot r_0}{w_2} \quad (8)$$

Nadamo struje prouroči otklon α_0 . Iz jedu I i 8. odredi se faktor C. -

2. Određivanje toka Φ_e .



Kroz namotaj magnetne teče struja i . Svitak se ispitivao W_3 (broj zavoja w_3 , spojeno putem preklopke K sa galvanometrom. Struju se prekine te mjeri otklon α_3 , gdje se može struju savim prekinuti, jer se hoće odrediti broj crta indukcije,

ne razmjer. Ako je r , otpor kruga se galvanometar onda sljepiti iz jedu. 6., ako stavimo $\Phi_1 = \Phi_e$ $\Phi_2 = 0$
 $\alpha = \alpha_3$ $r = r_3$ $w = w_3$

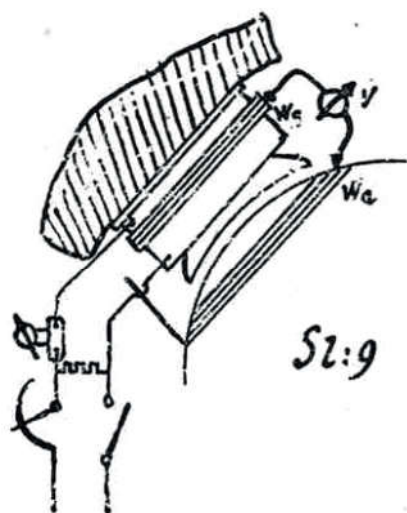
$$\Phi_e = \frac{C \alpha_3 r_3}{w_3} = \Phi_0 \frac{\alpha_3}{\alpha_0} \frac{w_1}{w_3} \cdot \frac{r_3}{r_0} \quad (9)$$

Čitavi tok indukcije može se na taj način odre-
 diti samo (tako) kod malenih strojeva. Kod ve-
 likih mora se uvijek još uklopiti otpor pored
 k krugu struje i , da se može ispoduati na-
 rac samoindukcije.

3. Određivanje koeficijenta razipanja. Ho-
 li se odrediti samo koeficijent razipanja,
 nisu više potrebni svitci w_1 i w_2 . Galvanome-
 taji se najprije sa switchom sonda a - el. f. -
 Ako je broj zavoja svih svitaka jednak te
 ima krug galvanomet. u obim slučajevima
 isti otpor, odgovara promjeni struje (i_1 , i_2) u
 prvom slučaju (galvanomet. na switchu s) pro-
 mjena toka (Φ_{e1} , Φ_{e2}) te otklon α_s , u drugom
 slučaju (galvanometar sa switchom a) promjena
 (Φ_{a1} , Φ_{a2}) te otklon α_a . Onda vredi

$$\bar{c}_a = \frac{\Phi_{e1} - \Phi_{e2}}{\Phi_{a1} - \Phi_{a2}} = \frac{\alpha_s}{\alpha_a} \quad (10)$$

6.) Goldschmidtova mala metoda.



Ova metoda je mnogo jednostavnija, nego metoda sa bal. galvanometrom. Glavna je da je milivoltmetar istomjer, ne struje V - sl. 9. - bez struje, onda moraju naponi padu prema drugom spojenju svitaka w_1 i w_2 biti jednaki, te se izjednačiti. Kod promjene struje magnetizirajućih inducirani naponi su

proporcionalni produktu toka Φ sa brojem zavoja. Imamo li jedan svitak broj zavoja w_1 , a drugi w_2 , onda redi, ako računavamo struju u voltmetru

$$\Phi_1 w_1 = \Phi_2 w_2 \text{ odu } \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{w_2}{w_1} \quad (11)$$

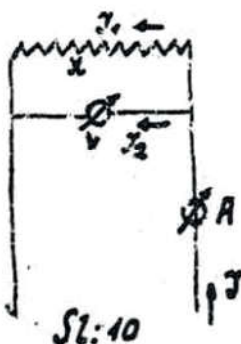
Instrumenta dade se čice sa čipkama, da se može poboljšati izolacija svitaka te promijeniti skupljajući broj svitaka odu. zavoja w_2 te w_1 .

9. Mjerenje otpora el. strojeva.

a.) otpor namotaja.

1.) Strujna stanja merovanja. Otpori su obično srednje veličine te mogu biti izmjereni na sljedeće načine.

Mjerenje struje i napona. Provede li struja I na krajovima otpora x otpada napon E se 10, onda je po Ohmovom zakonu $x = \frac{E}{I}$. Voltmetar V sa vlastitim otporom r_v leži direktno na strajkama otpora x . Ampermetar mjeri struju



$$I = I_1 + I_2$$

$$\text{Na kraju } I = I - I_2 = I - \frac{E}{r_v} \text{ sledi}$$

$$x = \frac{E}{y - \frac{E}{r_g}} \quad (12)$$

broj se spoj upotrebi onda, kad je otpor x bitno manji, nego r_g voltmetra. Ako je otpor r_g , tako velik, da se može I_2 napram I_1 zanemariti može se računati po

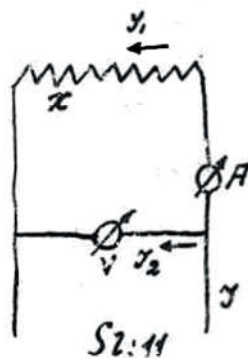
$$x = \frac{E}{y} \quad (12a)$$

Spoj sl. 11. Voltmeter V mjeri napon kao sumu stradanja

$$I_1 x + I_1 r_g$$

t. j. u otporu x te otporu ampermetra r_g . Iz jedn. $I_1 x = E - I_1 r_g$ slijedi

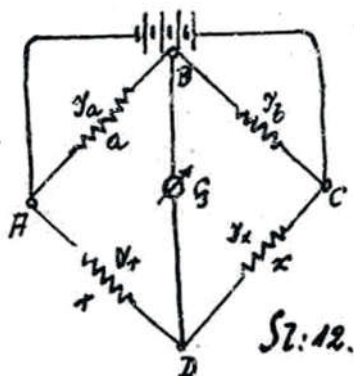
$$x = \frac{E - I_1 r_g}{I_1} \quad (13)$$



broj spoj upotrebi se samo, gdje je stradanje u ampermetru veoma maleno. Može mo stradanje u ampermetru zanemariti; računa se po jedn. 12a. Upotrebi li se kod spoja sl. 10. statički voltmetar, onda ne-

mau korekcije, jer nema voltmetar struje.

Po su najjednostavnije metode. Daje su sposobne sve mala-metode, ali kod ovih nam otklon ka, zalke ne daje nijem otpora. U tom slučaju pribavlja instrument, da smo svo sredstva pravilno odabrali i izjednačili; tako da možemo računati traženu veličinu. Najstarija je metoda Wheatstonovog mosta.



Imamo tri poznata otpora, a četvrti je nepoznat. Spoj su otpori u četverokutu - sl. 12. - U jednu diagon. ukopca se baterija a drugu (most) Gal. rauometar. Ako je most

bez struje onda vredi:

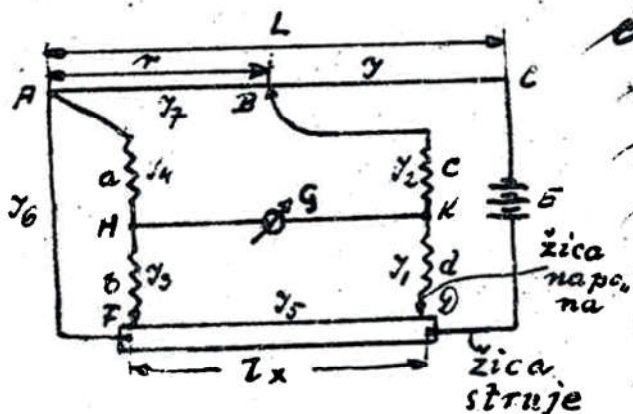
$$a \cdot x = b \cdot r \quad x = r \cdot \frac{b}{a} \quad (14)$$

Otpor $a + b$ uzme se u obliku žice, sonda jedna, kog presjeka $b : a = l_2 : l_1$ (15)

Prema tome uzmemo namjesto razmjera otpora, razmjera dužina. Kaduž ove žice mićemo kontakt. Za ova mjerenja imamo različite sprave: Universalni galvanometar SH, Most H. B. i t. d.

Za veoma male otpore na pr. otpor armature, otpor pojedinih svitaka uzme se Thomson-ov dvostruki most, jer bi sa Wheatstonov-im mostom mjereni male otpori bili radi dovoda pre netočni.

Princip mjerenja je slijedeći sl. 13. AC je žica za mjerenje sa poznatim otporom i koeficijentom temperature. X je traženi otpor. a b c d su poznati otpori sa upoređivanjem, koji moraju odgovarati razmjeru $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.



SL: 13.

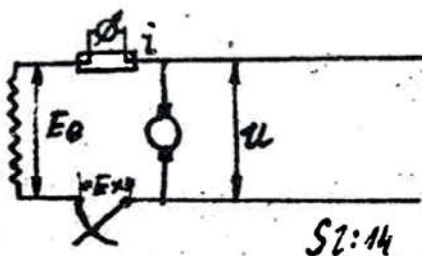
Ako smo razmjere pravilno odabrali, nađemo micaupem kontakta B točku na žici mjerenja, sa koje nema galvanometar struje. U tom je slučaju $\frac{x}{r} = \frac{b}{a} = \frac{d}{c}$ odnosno

$$x = r \cdot \frac{b}{a} = r \cdot \frac{d}{c} = R \frac{AB}{AC} \cdot \frac{d}{c} \quad (16)$$

ako znači R otpor žice AC, x otpor dijela dužine l_x .

2.) Stroj u pogonu. Poredni strojevi, spoj sl. 14. Mjeri se struja te otpadanje Ee, prema tome $R_n = \frac{Ee}{I}$

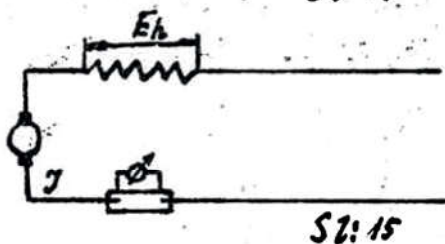
Isto tako može se odrediti otpor u regulatoru R, ako se izmjeri otpadanje ER.



$$R = \frac{E_R}{I}$$

čitavi otpor paralelnog kruga deske

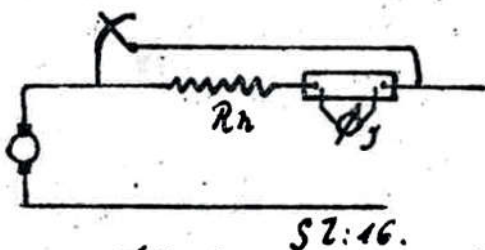
$$R_n + R = \frac{E_k}{I} + \frac{E_R}{I} = \frac{U}{I} \quad (17)$$



Serijski strojevi: Spoj. sl. 15.

Otpor R_n namotaja je

$$R_n = \frac{E_R}{I}$$



Ima li stroj otporna regulaciju i to paralelnu s namotajem, može se ampermetar spojiti po slici 16., tako da se mjeri samo struja u namotaju, a ne čitavu struju.

Samo struja u namotaju, a ne čitavu struju.

6. Otpor armature.

Otpori su uvijek vrlo mali, mjeri ih se sa Thomsonovim dvostrukim mostom. Za ova mjerenja imaju dvije metode:

1.) Kefice za dovod struje leže na kolektor, a žice napona k mostu priključuju se na dvije launele, što leže ispod kefice potpornog predjeka. Onda se dobije efektivni otpor armature. Točnost rezultata umanjuje činjenica, da se raspodjela struje na pojedine grane armature nejednolika, ako nije jednak otpor kefice točno jednak (kod paralelnog i serijsko-paralelnog namotaja).

2.) Struja se mjeri dovede se samo do određenih točkama (launela) na koje se priključuju žice napona k namotaju. Imamo nejednoliku raspodjelu. Točke - launela odredi se tako, da se raspodjeli namotaj armature u dvije paralelne polovice. Onda se mjeri $\frac{1}{4}$ otpora elementa armature u seriji spojena. Prema tome vredi: ako je r_x otpor mjeren,

voj metodi, te ima stroj za paralelnih grana,
onda je efektivni otpor armature:

α.) Za jednuono katovene omotke

$$R_a = \frac{r_x \cdot 4}{(2a)^2} = \frac{r_x}{a^2} \quad (19)$$

β.) Za višestruko katovene omotke

$$R_a = \frac{r_x \cdot 4}{m(2a)^2} = \frac{r_x}{m \cdot a^2} \quad (20)$$

ovu metodu može se upotrebiti kod svih namotaja
bez ekvipotencijalnih spojaka odn. spojaka isjednačenja
bunači li:

p - broj para polova

a - polovica paralelnih grana

b - kojigod cijeli broj, kojeg sumu sa p ili dife-
rencia mora biti djeliva sa 2p.

K - broj lamela

S - broj radnih strana rotora na obodu armat.

b₁ - broj odliča za svaku stranu rotora

m - broj zopidnih namot. kod višestruke katovene
omotke

y - korak namotaja

y₁, y₂ - dijelomični koraci: (y = y₁ ± y₂)

y_K - korak u lamelama

y_p - potencijalni korak za ekvipotenc. spojke
(spojke isjednačenja)

x - broj, sto ga moramo pribrojiti, početnoj la-
meli, da dobijemo lamelu, koja sa poče-
tnom razdijeli namotaj u dvije jednake
polovice.

nadu li k i y_K zajednički djelitelj m, onda
je omotka m-struko katovena. y₁ i y₂ mora-
ju biti lihi brojevi.

Da se pronađe frežena lamela, vrede sljede-
ća pravila:

1.) Armatura bez ekvipot. spojaka (sp. isjedn.)

Za posaki namotaj vredi pravilo. Da se dobije lamela, koja razdijeli na kojimgod odabranom lamelom namotaj u dvije jednake polovice, mora se korak u lamelama y_k toliko puta napraviti na kolektoru, kolik je broj polovice svih lamela, F , j $\frac{k}{2}$ puta. —

Napravi li se korak k puta, dođe se opet k početnoj lameli. Za taku odv. lihi broj k izračuna se broj x' , što se mora dodati početnoj lameli.

Taki broj: $x' = \frac{k}{2} y_k$ lihi broj: $x' = \frac{k-1}{2} y_k$ (19)
Ako nije k taki broj, namotaj se ne razdijeli točno u dvije jednake polovice, jer imamo na jednoj strani uvijek jedan svitak više, nego na drugoj. Obično je totalni broj induciranih strana velik, tako, da je mjereni otpor r_x kombinacije $\frac{s+2}{2}$ strana paralelno spoju s kombinacijom $\frac{s-2}{2}$ strana, samo malo različen od otpora $r_{x'}$, koji bi odgovarao točno $\frac{s}{2}$ stranama u svakoj grupi. U ostalom može se $r_{x'}$ izračunati pomoću razmjera.

$$r_{x'} : r_x = \frac{\frac{3}{2} \cdot \frac{s}{2}}{\frac{3}{2} + \frac{s}{2}} : \frac{\frac{s+2}{2} \cdot \frac{s-2}{2}}{\frac{s+2}{2} + \frac{s-2}{2}} ; r_{x'} = r_x \frac{s^2}{s^2 - 4} \quad (20)$$

Ako je na pr. $f = 2$, $k = 31$, $s = 62$. U jednoj polovici leži 32, a u drugoj 30 strana. Svaka strana ima otpor r Ω . Tada je mjereni otpor $r_x = \frac{32r \cdot 30r}{32r + 30r} = 15,48r$. Ako bi otpor točno razdijelili imali bi $r_{x'} = \frac{31r \cdot 31r}{31r + 31r} = 15,5r$. Kod toga ušli smo u pr. mjera najmanji broj lamela na kolektoru. Ako je $x' < k$, onda je broj x' također frazioni broj x — — — $x' > k$ mora se k puta subtrahirati, da se dobije x ; n je broj, koji kaže, koliko puta je k cijelobrojno sadržan u x' . n dobijemo prema tome iz korijenta $\frac{x'}{k}$
 k taki broj

$$x = x' - nk = \frac{k}{2} y_k - nk \quad (21)$$

$$\alpha.) y_k = 1 \text{ onda je } x' < \kappa, n=0, x = x' = \frac{\kappa}{2} \quad (22)$$

$$\beta.) y_k > 1 \text{ / lihi broj } ^{\circ} \text{ / , onda je } x' > \kappa \text{ te}$$

$$n = \frac{\frac{\kappa}{2} \cdot y_k - 1}{\kappa} = \frac{y_k - 1}{2} \quad (23)$$

Umetnemo li $n = \frac{y_k - 1}{2}$ u jednu. $x = \frac{\kappa}{2} y_k - n \kappa$
dobijemo

$$x = x' = \frac{\kappa}{2} \quad (24)$$

Prema tome vredi za slučaj α i β pravilo: Za takii broj lamela leže segmenti koji raspolijele namo. Taj u dvije polovine uvijek za polovinu svih la, mela međusobno udaljene, prema tome na promjer

κ lihi broj

$$x = x' - n \kappa = \frac{\kappa - 1}{2} y_k - n \kappa \quad (25)$$

$$\alpha.) y_k = 1 \text{ ili } 2 \text{ onda je } x' < \kappa$$

$$n=0 \quad x = x' = \frac{\kappa - 1}{2} y_k \quad (26)$$

$$\beta.) y_k > 2, \text{ onda je } x' > \kappa$$

$$n = \frac{\frac{\kappa - 1}{2} y_k}{\kappa} \quad x = \frac{\kappa - 1}{2} y_k - n \kappa \quad (27)$$

Ne da li se ova divizija izvršiti, uzmemo n namo cijeli broj t. j. decimale se ignoriše n. pr. $\kappa = 11, y_k = 8$
 $n = 3,63$ prema tome 3. Kako treba ove pilna, držbe upotrebiti neke se vidi iz nekoliko primjera

$$\text{Petljusti namotaj } y_1 = \frac{5 \pm b}{2p} \pm \frac{2a}{p} \quad y = y_1 - y_2 =$$

$$= \pm \frac{2a}{2p} \quad y_2 = \frac{5 \pm b}{2p}; \quad a = p, 2p, 3p \dots \text{jednu}$$

staona, odn. višestruka omotka

$$y_k = \pm \frac{a}{p}$$

κ takii broj

$$n. pr. = 10$$

$$S = 22$$

$$p = 2$$

$$a = 2$$

$$y_1 = 9$$

$$y_2 = 7$$

$$y = 2$$

$$y_k = 1$$

prema 22

$$x = x' = \frac{\kappa}{2} = 5. \text{ Ovdje je ugodno ili brojimo } \kappa \text{ na lijevu ili desnu stranu}$$

*) Za jednostavno zatvoreni namotaj nemaju κ te y_k razdvojenog dplitefa. Ako je κ takii broj, onda mora y_k biti lihi broj. Da dobijemo n cijli broj moramo tvoriti $\frac{y_k - 1}{2}$.

lihi broj na $p = 11$ $S = 22$ $p = 2$ $a = 2$

$$y_1 = 9 \quad y_2 = 7 \quad y_k = 1 \quad \text{pdu 23, 24}$$

$x = x' = \frac{k-1}{2} y_k = \frac{10}{2} \cdot 1 = 5$. Ovdje se dolazi na par, lične lamelke, koji leže jedna do druge, ako se broji na desnu odnosno lijevu stranu. Rezultat mjerenja će biti isti, ako ne umne se sredinu.

K lihi broj na $p = 11$ $S = 22$ $p = 2$ $a = 2p$

$$y_1 = 9 \quad y_2 = 5 \quad y_3 = 4 \quad y_k = 2 \quad \text{pdu 26.}$$

$x = x' = \frac{k-1}{2} y_k = \frac{10}{2} \cdot 2 = 10$ Točke leže jedna do druge, jer imamo dvostruki namotaj, prema tome polovica 4 čitavi jednostrani namotaj.

$$\text{Valoviti namotaj } y = y_1 + y_2 = \frac{S \pm 2a}{p}$$

$a = 1$ serijski $a = p$ serijsko-paralelni namot.

$$y_1 \approx y_2 \approx \frac{y}{2} \quad y_k = \frac{k \pm a}{p}$$

K lihi broj na $p = 11$ $S = 22$ $p = 2$ $a = 1$

$$y_1 = 7 \quad y_2 = 5 \quad y_k = 6 \quad \text{pdu 27}$$

$$n = \frac{\frac{k-1}{2} y_k}{k} = \frac{\frac{11-1}{2} \cdot 6}{11} = 2,73 \dots = 2$$

$$x = \frac{k-1}{2} y_k - nk = \frac{11-1}{2} \cdot 6 - 2 \cdot 11 = 8$$

Također ovdje je svejedno na koja stranu se broji broj x .

K lihi broj na $p = 13$ $S = 26$ $p = 3$ $a = 2$ (ser.-par. n.)

$$y_1 = y_2 = 5 \quad y_3 = 10 \quad y_k = 5 \quad \text{pdu 27.}$$

$$n = \frac{\frac{k-1}{2} y_k}{k} = \frac{\frac{13-1}{2} \cdot 5}{13} = 2,3 \dots = 2$$

$$x = \frac{k-1}{2} y_k - nk = \frac{13-1}{2} \cdot 5 - 2 \cdot 13 = 4$$

Višestruko katodreni namotaj: Jednadrže:

$$x = x' - nk = \frac{k}{2} y_k - nk \quad (k \text{ liki broj})$$

$$x = x' - nk = \frac{k-1}{2} y_k - nk \quad (k \text{ lihi broj})$$

mede također ovdje na p .

K lihi broj $= 15$, $S = 30$, $p = 3$, $a = 3$, $y_1 = 7$, $y_2 = 5$, $y_3 = 12$, $y_k = 6$

K te Y_K imaju najmanji zajednički djelitelj 3, 3 puta katov
reći namotaja; odu. tri katovene namotaja.

$$K = K' \quad nK = \frac{K-1}{2} Y_K - nK = \frac{15-1}{2} 6 - 2 \cdot 5 = 12$$

$$n = \frac{\frac{K-1}{2} \cdot Y_K}{K} = \frac{\frac{15-1}{2} \cdot 6}{15} = 2,8 = 2$$

Sljedeća tabela sadrži sve veličine $K, n,$
za namotaje $a \geq 1$ bez potencijalnih spojaka
Tab. 1.

Namotaj	K	n	n	
Petljasti	tako broj	$\frac{K}{2}$	0	
Valoviti jedu. zat.				
- " - višest. - " -				
Petljasti	lihi b.	$\frac{K-1}{2}$	0	$Y_K = 1$ ili 2
Petljasti	lihi b.	$\frac{K-1}{2} Y_K - nK$	$\frac{\frac{K-1}{2} Y_K}{K}$	$Y_K > 2$
Valov. jeduost. zatvoreni	lihi b.	$\frac{K-1}{2} Y_K - nK$	$\frac{\frac{K-1}{2} Y_K}{K}$	
Valoviti višest. zatvoreni	lihi b.	$\frac{K-1}{2} Y_K - nK$	$\frac{\frac{K-1}{2} Y_K}{K}$	

2.) Armatura sa skrozotenc. spojka.

Kodje su spojke one lamel međusobno spojene,
koje imaju isti potencijal. Udaljenost ovih la-
mela jednaka je potencijalnom koraku Y_K ,
otvor se ne može mjeriti n doruča gorednim zo-
lovicama. -

Kod namotaja sa skrozotenc. spojka
je mjereni otvor r_K jednak otvoru armature R
(28)

$$r_K = R_a$$

ak, se mjeri otvor na sljedeći način:

a.) Petljasta omotka: Mjeri se skrozotenc.
spojke je $Y_K = \frac{K}{2}$ cijli broj. Dva struje i napona
dvostrukog mosta leže na lamelama, koje su
međusobno udaljene za $\frac{Y_K}{2}$ odu. $\frac{Y_K-1}{2}$ la-

i to: γ_p , ako je γ_p takvi broj, $\gamma_p - 1$ ako je γ_p lihi broj. Udaljenost može biti također višekratnik toga broja.

b.) Valovit namotaj: Napiet sa sklopoteuc. spoj. je $a > 1 \gamma_p = \frac{k}{a}$ (broj kefica pretpostavimo jednu broj paralelnih grana sa.)

Mjesta suprotne polaritete u kojima se odn. sine struje, su međusobno udaljena za $\frac{k}{a}$ lamela ili višekratnik toga broja. Iz se 2. mjeri otpor spoji se žice dvostrakog mosta na svje kefice suprotne polaritete, koji pokriju jednolično, a lamela. Sve druge kefice se dignu. Tice napona moraju se također do. Ticati ovih lamela. Mjereni otpor je po pd. nadzbi 28: $r_x = R_u$. -

c.) Prelazni otpor.

Na otpor uplivice materijal, struja, pritisak, specifična jakost struje na mjestu prelaza vrsta struje, mjer struje i brzina komutatora. Da se ove prilike usme u obzir, mjeri se prelazni otpor za vrijeme pogona t.j. kod sklopljene armature.

a.) Sve se kefice dignu. Na jednu svornik metne se jednu keficu normalno, jednu izolirano, koji se prisloni. Ona se usme kod normalnog broja okretaja struje $i = I_1 = \frac{3}{4} I, I_1 = \frac{1}{2} I$ (I normalna jakost na svaku keficu.) Polje struje mora biti raskopcano. Mjeri se otpadanje na između obih kefica. Voltmetar se približi što bliže mjestu prelaza. Prelazni otpor je onda za svaku keficu:

$$r_k' = \frac{e_u}{2i}$$

Prelazni otpor u pogonu - jer dolazi uvijek
pozitivna i negativna kretanja u okviru

$$r_u = 2 r_u' = \frac{e_u}{i} \quad (29)$$

1) Imajući 2x svornika, svakoga s jednom
keficom, dignu se od (2k - 2) svornika kefice,
prekine spoj još ostalih istovremeno kefica.
buda se odredi kao pri otpadanju e_u dviju
kefica kod struje i: $I = \frac{3}{4} I = \frac{1}{2} I$ i to za nor.
malni broj okreta i smjer struje.

broje medu

$$r_u' = \frac{e_u}{2i}$$

Kod k svornika iste polaritete je totalni otpor
jelara

$$r_u = \frac{2 r_u'}{k} = \frac{e_u}{i \cdot k} \quad (30)$$

Kod ove metode rucno ukopčani maleni
dio namotaja armature. Ali otpor toga
djela je tako malen, da ne dolazi u
obzir. Rezultati može eventualno smetati
remanentno fofe, koji inducira sl. m. silu
u zavojima, što će se između kefica. Upo-
dno je napraviti mjerenje dva puta, i to drug
put sa obrnutim smjerom struje. Aritmetička
sredina je onda pravilna veličina otpora.

d. Otpor kefica.

Za kefice iz kovine je otpor kefica r_{ku} tako
malen, da ne dolazi u obzir; za ugljene kefice je
tpor nešto veći, jer je specifični otpor veći. Kod
mjerenja tog otpora na stroju mora se paziti, da
se ne mjeri također prelazni otpor. Uopće se mjeri
 $r_{ku} + r_u$ i to tako, da se kod mjerenja sub c.
oltmetar tako priključi, da mjeri također otpa-
danje u kefici. blizno se može staviti:

$$r_u = r_{ku} + r_u \quad (31)$$

2. Totalni otpor.

Ako se nema osoblitih sprava na pr. Thomson-ov most, odredi se totalni otpor armature na sljedeći način.

1) $R_a = r_a + r_m + r_{\Sigma}$; Kod normalnog broja tupa, a nenabudenog stroja, mjeri se napon na statorskim sto ga proizvode nemagnena (U') Teče li struja $i = \frac{1}{2} I, = \frac{1}{3} I, = \frac{1}{4} I$. kroz armaturu, prikazuje voltme- tar napon $U_1 = U' + I R_a$ Obrne li se smjer struje, onda se mjeri, jer ostane U' isto te $I R_a$ promjeni smjer $U_2 = U' - I R_a$. Iz ovih mjerenja slijedi

$$R_a = \frac{U_1 - U_2}{2I} \quad (32)$$

4. Mjerenje izolacije.

Jako se odabere najbolji materijal za izolaciju, nije moguće postići potpunom izolaciju električnih rasporeda. Mjeri li se otpor izolacije r , može se odrediti izga- bljenom strujom I iz jednadžbe $I = \frac{U}{r}$. Otpor r je dosta- tan, ako I ne prelazi 1 mili-amp. Kod napona pogona.

Za izolaciju vrede propisi V.D.E S 5.

1.) Svaki raspored jakе struje mora imati odgovara- jući otpor izolacije. Mjerenja se moraju obaviti, ako je moguće s naponom pogona, a najmanje s naponom 100 Volta.

2.) Kod mjerenja izolacije istomjernom strujom prema zemlji, polozi se negativni pol izvora struje na vod, kojeg izolacija se mora mjeriti.

3.) Izolaciju rasporeda niskog napona je dosta tna, ako isnaša izolacija svakog dijela među dvjema siguralnicama ili ira sadrže siguralnice pone- manje 1000 Ω puta broj Volta napona pogona (na pr. 220 x 1000 Ω za napon 220 Volta.)

U točki 3 može dakle stvoriti izolaciju totalnog napajanja, što ga može različitih dijelova, biti bitno manji. Praveći otvor je prema tome ovisan o ta "koder o rasporedu. Veoma veliki odavno općiti rasporedi unadu više puta veću izgubljenu struju nego o, 001 amp. Te ipak sasvim odgovaraju proporcijama. Usm toga je otvor izolacije promjenljiv, ovisan o toplini, vlažnosti i t. d.

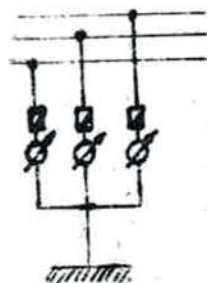
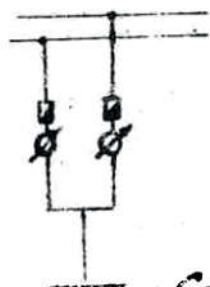
Kod mjerenja moramo razlučiti:

- a.) Ispitivanje izolacije. Ovdje se ide zatim, da se ispita, dali ima objekt ili aparat, stroj i t. d. onu izolaciju, koja odgovara, najmanje proporcijama.
- 3.) Mjerenje izolacije; kod nje mora dati, što je moguće točniju vrijednost otpora izolacije.
- 4.) Praveći točke pogriješaka t. j. određujući mjesta, na kojim ima izolacija pogriješku.

Kod svih mjerenja izolacije mora se mjeriti izolaciju pojedinih vodova naprama zemlji, te međusobnu izolaciju tih vodova. Da se dobije pravi rezultat mora se iskopčati, odnosno sasvim otkopčati sve grede, kod koje struji, sve žarulje, motore i t. d. Ukopčane moraju biti sve upravljačke, a zatvorene sve preklopke.

a. Ispitivanje izolacije.

Ovdje upotrebljavamo napon mreže i za ispitivanje izolacije osobito baždarene elektromagnetne ili precizne voltmetre, koje se ukopča između zemlje i voda. Pogriješku izolacije nađemo tako, ako instrumenti nemaju pda u isti (napon) otklon



Sl. 17. Pogriješku ima onaj vod čiji voltmetar ima manji otklon. Kod rasporeda niskog napona ipak se instrumente tako, da ih se

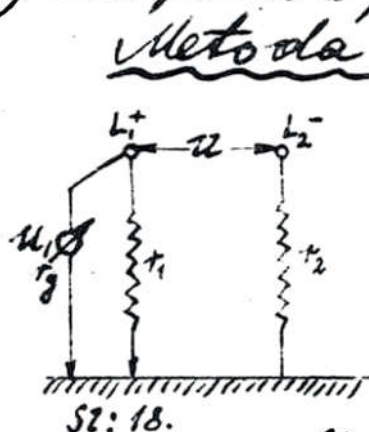
može iskopčati i uklopiti za mjerenje mjerenja. Kod razporeda visokog napona upotrebljavaju se statički voltmetri, koji su trajno uklopljeni.

Za ispitivanje vodova, koji nemaju napona upotrebljavaju se galvanoizlopi, to su maleni galvanometri sa iglom, koji odvrata stalnu svitak iz smjera magnetičnog meridijana. Hoće li se mjeriti izolaciju prema zemlji, približi se svitak na vod, a sa drugom krajem na izvor struje (- pol), drugi pol izvora (+ pol) približi se na zemlju.

Izvor struje može tvoriti baterija ili napetost mreže. Za veličine strukturna sljedeći veličina otpora izolacije i to pomoću osobitih tabela, koje ima ovaj takav instrument. Za ova mjerenja možemo također koristiti sprave (Isolation tester) Mjeriti se može također Ohm-metre.

B. Mjerenje izolacije.

1.) Raspored u pogonu



Sl: 18.

Metoda Strisch. otpori izolacije vodova L_1+ i L_2- te totalni otpor prema zemlji su r_1 , r_2 i r_0 . Za voltnu form otpora r_0 mjeri se napon mjeri U napon U_1 voda L_1+ te U_2 voda $L_2(-)$ napram zemlji. onda vrijedi $U = U_1 + U_2$.

$$r = r_0 \frac{U - U_1 - U_2}{U_1 + U_2}; r_1 = r_0 \frac{U - U_1 - U_2}{U_2}; r_2 = r_0 \frac{U - U_1 - U_2}{U_1} \quad (23)$$

To sledi iz:

Suma struje voltmetra r_0 te izdubljene struje voda, na koji je približen voltmetar jednaka je izdubljenoj struji drugog voda. Voltmetar r_1 uključimo na L_1+ onda imamo:

$$r_0 + r_1 = r_2 \text{ ili jer je } r_0 = \frac{U}{r_0}, r_1 = \frac{U_1}{r_1}, r_2 = \frac{U - U_1}{r_2}$$

$$\frac{U_1}{r_g} + \frac{U_1}{r_1} = \frac{U - U_1}{r_2} \quad \text{I.}$$

Leži li voltmetar na vodi L_2 (-) onda je $I_g + I_2 = I_1$

$$I_g = \frac{U_2}{r_g} \quad I_2 = \frac{U_2}{r_2} \quad I_1 = \frac{U - U_2}{r_1}$$

$$\frac{U_2}{r_g} + \frac{U_2}{r_2} = \frac{U - U_2}{r_1} \quad \text{II.}$$

Iz jedna I te II. sledi jedna 33. Čitavi otpor - ras, poreda prema zemlji je - otpori r_1 te r_2 paralelno su spojeni -

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \quad (34)$$

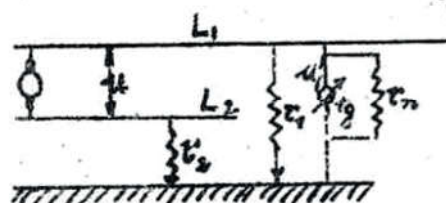
Ako je otpor r_g veoma malen obzirom na r_1 te r_2 , onda vredi približno

$$\frac{U_1}{r_g} = \frac{U - U_1}{r_2} \quad \frac{U_2}{r_g} = \frac{U - U_2}{r_1} \quad r_1 = r_g \frac{U - U_2}{U_2}$$

$$r_2 = r_g \frac{U - U_1}{U_1} \quad (35)$$

Iz toga sledi učenito, da je otpor izolacije jednak, ga voda napram zemlji funkcija napona drugoga voda prema zemlji; tako da može dobiti merilo raspodbe, koja direktno prikazuje otpor (Instrumenti A-E G.)

Metoda Fröhlich Kod ove metode go, lozi se između jednog voda - u sl. 19 L₁ - i zem, lje voltmetar, koji daje napon U_1 . Onda se ukupna poredni otpor r_n , a instrument daje napon U_1' . Iz U, U_1, U_1' te otpora r_g i r_n izračuna se otpore izolaci, je r_1, r_2 i r go jedna dži:



Sl. 19.

$$r_1 = \frac{U(U_1 - U_1') r_n r_g}{U_1'(U - U_1) r_g - U(U_1 - U_1') r_n} \quad r_2 = \frac{U(U_1 - U_1') r_n}{U - U_1'}$$

$$r = \frac{(U - U_1') r_n r_g}{U_1'(r_n + r_g) - U_1 r_n} \quad (36)$$

Isto kao kod metode Frisch medij takoder i vodi

I. Ako je ukopčan instrument bez prednog otpora,

$$I_1 + I_g = I_2 \quad \frac{U_1}{r_1} + \frac{U_1}{r_g} = \frac{U - U_1}{r_2} \quad \text{I.}$$

II. Ako je ukopčan instrument sa prednim otporom

$$I_1 + I_g + I_n = I_2 \quad \frac{U_1'}{r_1} + \frac{U_1'}{r_g} + \frac{U_1'}{r_n} = \frac{U - U_1'}{r_2} \quad \text{II.}$$

Riješimo ove jedu, dobijemo jedu. 36. odaberemo
 $r_n = r_g$ onda vredi:

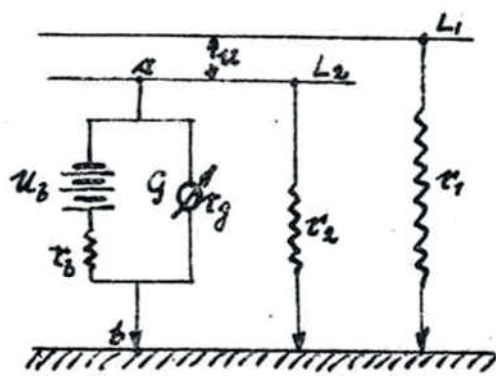
$$r = r_g \frac{U_1 - U_1'}{2U_1' - U_1} \quad (37)$$

Upotrebimo listastički voltmeter $r_g = \infty$ te odabere-
 mo r_n tako da postane

$$U_1' = \frac{U_1}{2}, \text{ onda je}$$

$$r = r_n \quad (38)$$

Metoda Bruger Doprivodni sistem. Bateriju



Sl. 20.

napona U_2 sa otporom
 r_2 spoji se u seriji s naponom
 mrese U . Neupotrebljeni pol
 otpora r_2 spoji se sa senzorom
 - sl. 20 - Poredno k otporu i
 bateriji leži galvanometar.
 r_2 regulira se tako, da galva-
 nometar ne da nklona.

onda vredi: a.) Pisto galva-

nometar nema struje, moraju tričke a i b imati
 isti potencijal t.j. potencijal senzor.

b.) Izmedu a i b senzor ima napon mrese U ,
 zognjena struja I_1 sledi iz $I_1 = \frac{U}{r_1}$ (I)

c.) I_1 teči preko r_2 k vodi L_2 natrag. Bateriju
 krije prema tome od struje I_1 u otporu r_2 powero-
 čeno otpadanje $I_1 = \frac{U_2}{r_2}$ II. Iz I i II sledi

$$r_1 = r_2 \cdot \frac{U}{U_2} \quad (39)$$

Če s tem principu konstruiramo je "mperilo" izolacije "H a B.

Vse vodni respored brez voda spojenog sa senzom svi vodovi jednakog napona U . Totalni otpor izolacije + daje nam pdu

$$r = r_b (n-1) \frac{U}{U_b} \quad (40)$$

Kod toga spoji se bateriju U_b te otpore r_b (r_b, r_b i galvanometer redom sa n vodiča, te regulira otpor tako da galvanometer nema struje. Pojedine struje odrediti se iz napona baterije U_b te otpora $r_{b1}, r_{b2}, r_{b3}, \dots$

$$I_{b1} = \frac{U_b}{r_{b1}} \quad I_{b2} = \frac{U_b}{r_{b2}} \quad \dots \quad I_{bn} = \frac{U_b}{r_{bn}} \quad (a)$$

Uve struje su suma svih struja izolacije $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ minus struja izolacije onog voda koji smo spojili sa pravom, jer nema ovaj vod otpor prema zemlji. (Galvanometer bez struje označi li $r_1, r_2, \dots, r_n$ otpore izolacije pojedinih vodova onda vrijedi:

$$I_{b1} = \left(\frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} \right) - \frac{U}{r_1}$$

$$I_{b2} = \left(\frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} \right) - \frac{U}{r_2}$$

$$I_{bn} = \left(\frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} \right) - \frac{U}{r_n}$$

$$I_{b1} + I_{b2} + \dots + I_{bn} = (n-1) U \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right) = (n-1) U \cdot \frac{1}{r}$$

$$I_{b1} + I_{b2} + \dots + I_{bn} = U_b \left(\frac{1}{r_{b1}} + \frac{1}{r_{b2}} + \dots + \frac{1}{r_{bn}} \right) = U_b \cdot \frac{1}{r_b}$$

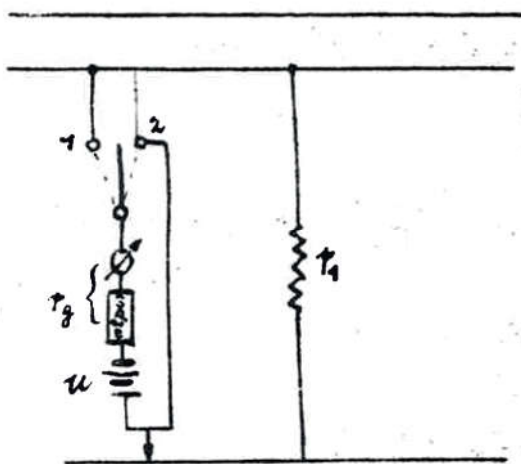
$\therefore \frac{1}{r}$ te $\frac{1}{r_b}$ su odgovarajući rezultirajući otpori:

Iz ovih jednačina, skupiti jednačina 40:

$$r = r_b (n-1) \frac{U}{U_b}$$

6.) Raspored izmjenične struje

Da se izmjeri otpor izolacije naprama zemlji, može se upotrebiti iste instrumente (sa pomoćnim withoutom) i to u vezi sa baterijom. Spoj prikazuje sl. 21.



Sl. 21.

Mjerilo se uklopi između voda i zemlje u seriju sa otporom (standard) od $\sim 100000 \Omega$ te baterijom. Onda se odredi otklon α_g te α_i i to tako, da se položi preklopka priključna na 2, zatim priključna na 1. Označi li r_g otpor instrumenta i otpora, vredni za otpor izolacije

$$r_i = r_g \left(\frac{\alpha_g}{\alpha_i} - 1 \right) \quad (41)$$

Ako je naime C konst. faktor instrumenta, u napr. test baterije, onda imamo

$$y_g = C \cdot \alpha_g \quad y_i = C \cdot \alpha_i \quad y_g = \frac{u}{r_g} \quad y_i = \frac{u}{r_g + r_i}$$

prema tome $\frac{y_g}{y_i} = \frac{\alpha_g}{\alpha_i} = \frac{r_g + r_i}{r_g}$

iz koje poudažbe sledi (41)

Otpor mjerila i otpora mora biti tako velik, da može mjerilo struju prenašati. Zna li ras. pored visokog napona, preklopca se mjerilu priključuje. U rasporedu trofazne struje sa nul-ovodnom, koji je spojen sa zemljom, ova se mjerenja ne mogu praviti sa vrijeme pogona.

2. Raspored izvan pogona

Mjerenja se vrše istom mjerilnom strujom. Mjerila su precizni instrumenti (s pomoć withoutom)

Ponajprije se odredi napon U (otklon α_g) izvora struje. Onda se spoji positioni pol baterije sa zemljom, a neglioni preko instrumenta sa onim vodom, kojemu hoćemo mjeriti otpor izolacije. Otklon α_1 . Za proračun vrijedi jedn. 41. N. P.

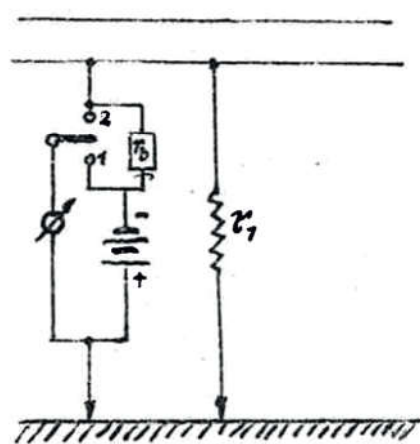
$r_g = 40000 \Omega$, napon izvora struje $\alpha_g = 21 = 440V$. Kod mjerenja dobili smo za vod 1 otklon $\alpha_1 = 20$, za vod 2 otklon $\alpha_2 = 10$ Volta.

Iz ovih mjerenja slijedi:

$$r_1 = r_g \left(\frac{\alpha_g}{\alpha_1} - 1 \right) = 40000 \left(\frac{440}{20} - 1 \right) = 40000 \cdot 21 = 840000 \Omega$$

$$r_2 = 40000 \left(\frac{440}{10} - 1 \right) = 40000 \cdot 43 = 1720000 \Omega$$

3.) Upotreba statičkih voltmetara.



S7.22

Vod, kojega hoćemo ispitati spoji se jednozoruštop otpora r_g sa baterijom i senzom. Mjeriti se mora dva puta.

Jednput leži preklopka na 1, a drugi put na 2. U obim slučajevima p straja, koja teči preko r_1 , baterije i r_g je ista I . Za napona što ga prikazuje mjerilo sli.

godi

$$U_1 = I(r_g + r_1) \quad U_2 = I r_1$$

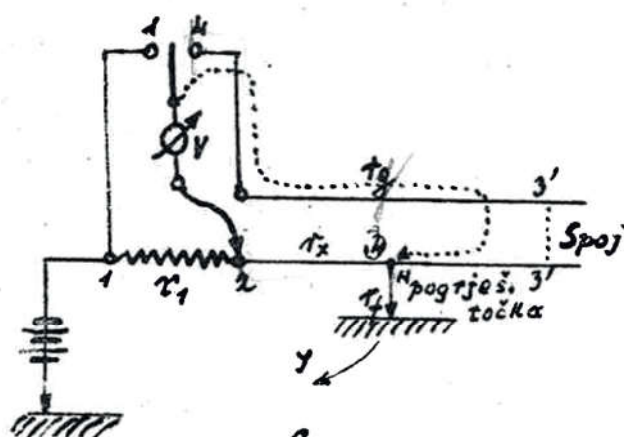
$$r_1 = r_g \cdot \frac{U_2}{U_1 - U_2} \quad (42)$$

Da se dobije dostatnu razliku $U_1 - U_2$, mora se odabrati r_g dostatno veliko

4. Određivanje pogriješne točke u vodu.

a.) Metoda otpadajućeg napona. - Spoj po shi.

23. Pričetak voda (kabel) sa pogriješkom spojen



Sr. 23.

je u seriji sa otporom r_1 i baterijom. Drugi pol baterije leži na zemlji. Krajove voda natrag /3' 3'/ spoji se međusobno. Voltmetar velikog otpora mjeri 1.) otpadanje E_1 na otporu r_1 između 1 i 2:

$$E_1 = I \cdot r_1$$

2.) E_x između 2 i 3 $E_x = I \cdot r_x$

Kod toga je r_x otpor voda od točke 2 do pog. točke. Ovdje moramo zamisliti, da možemo i padanje proučiti od male struje, koja teče kroz voltmeter između 4 i 3 računajući, tako da odgovara E_x otpadaju, što ga prouči pog. struja I_1 , koja teče kroz točku pog. u zemlji. Buda vredi:

$$r_x = r_1 \cdot \frac{E_x}{E_1} \quad (43)$$

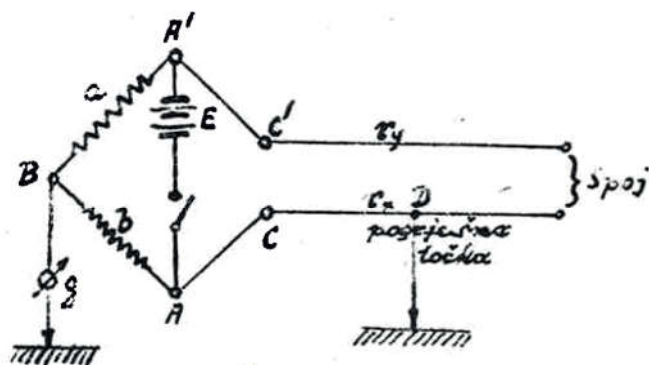
Ugodno je napraviti neki broj mjerenja te, useti međuju vrijednost. Ako se ne može do voda, koji ide natrag, mjeri se onda E_1 zatečenjalutim dife. računom E_2 između 2 i zemlje, E_3 između 3' i zemlje /: 3' je svjetak voda tamo, u kojem se voda nalazi pog. točka: /

Ako je r_g otpor između pog. točke i zemlje, buda vredi:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_1}{r_x + r_g} \quad \frac{E_1}{E_3} = \frac{r_1}{r_g} \quad r_x = \frac{E_2 - E_3}{E_1} \cdot r_1 \quad (44)$$

/: Zauzmavimo li struju galvanometra, ima točka 3 napon točke 4: /

3) Metoda petlje. - Murray. Spoj po slici 24.
Krajnje pogrešnog voda spoji se s kra-



S. 2. 24.

ćim spojim sa AC, odnosno A'C. Galvanometar leži između B i zemlje; preko nje zatvori se struja mosta γ_0 sa pogrešnom točkom D. Ova točka razdijeli strujor voda u dijelove r_x te r_y . Iz r_x te r_y

pronaste se lahko pogrešno mjesto, i to na sljedeći način:

a i b se ispiduaci tako da $p \gamma_0 = 0$

$$r_y : r_x = a : b$$

onda se mjeri otpor $r_x + r_y = r'$ voda tamo i natrag

$$r_x = \frac{b}{a+b} \cdot r' \quad r_y = \frac{a}{a+b} \cdot r' \quad (45)$$

4.) Metoda Hurley. - Spoj po slici 24.

Između A i C ukopu se otpor r te naćini sljedeća mjerenja:

1.) Galvanometar se položi između B i zemlje. a i b se ispiduaci tako, da galvanometar nema struje. onda vrijedi

$$a : b = r_y : (r_x + r)$$

2.) Galvanometar se položi na toćku B i C te opet ispiduaci:

$$a_1 : b_1 = (r_x + r_y) : r$$

$$r_x = \frac{a_1 b_1 - a b_1}{(a + b) b_1} r \quad (46)$$

5.) Metoda mjerenja izolacije akumu. baterije prema zemlji.

Ponajprije spoji se redom svaki pol baterije sa

rezuljom preko siguralnice maleene struje.
 Ako izgori siguralnica, izolacija je pogrešna.
 Postane li sigurala u redu, onda se spoji struja,
 mjer maleenog otpora između pola i zemlje. Te
 mjeri struju I_1 za prvi I_2 za drugi pol. Struja
 I_1 odnosno I_2 sadržavao onda sve djelomične stru-
 je, što teku kroz n elementa napona e
 (za svaki element) k zemlji. Zamislimo
 li otpadajući u strujomjeru, onda vrijedi:

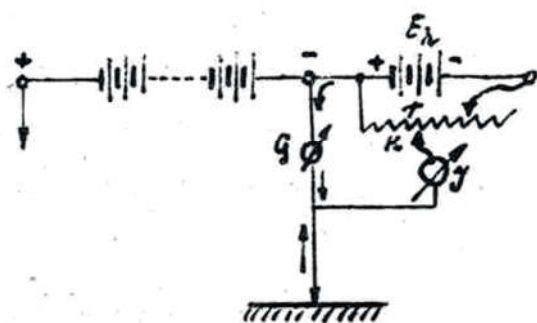
$$I_1 = \frac{e}{R_1} + \frac{2e}{R_2} + \dots + \frac{(n-2)e}{R_{n-2}} + \frac{(n-1)e}{R_{n-1}} + \frac{ne}{R_n}$$

$$I_2 = \frac{ne}{R_0} + \frac{(n-1)e}{R_1} + \frac{(n-2)e}{R_2} + \dots + \frac{2e}{R_{n-2}} + \frac{e}{R_{n-1}}$$

$$I_1 + I_2 = ne \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) = E \cdot \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{E}{I_1 + I_2} \quad (47)$$

Da vidimo gdje R mora se uzeti strujomjer redoga
 otpora za maleene struje I_1 te I_2 . Prekorači li
 otpadajući kroz toga otpora 95% E , onda se
 napravi spoj po slici 25.



S7.25

Pomoćna baterija
 E_n je u seriji sa stru-
 jomjerom, a galvanome-
 tar je redno spojen sa
 rezuljom. Pomoću mi-
 ca n ili promjene
 otpora (R) + može se
 postići da galvanometar

nema struje. Onda je priključen pol (u slici
 - pol) istoga potencijala kao zemlja. Kroz stru-
 jomjer teče struja I_1 . Ako nemamo galvanometar
 onda usmeno poklopu. Kod otvaranja i zatva-
 ranja ne smije se I_1 promijeniti.

Na isti način mjeri se drugi pol, te dolje
 struja I_2 , otpor R računa se konačno po jed. 47.

5. Primanje karakteristič krivulja.

A. Generator. Vidi VI. — Osim tako spomenutog
nizidi još slijedeće:

x.) Položaj kefice. Strojevi s pomoćnim polovima
kefice sa svaki teret u neutralnoj zoni.

Strojevi bez pomoćnih polova / postoja komutacija
Neutralna zona odmakne se tim više iz neutralnog
položaja, čim je veće opterećenje, i to u smjeru
unatrag. Da se dobije dobru komutaciju, mora se
kefice u pripremačnom smjeru odmaknuti i
to još nešto dalje, nego to odgovara neutralnoj
zoni. Za svaki teret imaju kefice neki najpogod-
niji položaj. Ali u praksi se ne mogu navedati
kefice uvijek prema teretu, stoga ih se odmakne
toliko, da stroj komutira najbolje za $\frac{2}{3}$ Tereta.
Tada dobar stroj radi bez iskara sa svak-
om i sa punim teretom.

3.) Navedenovanje neutralne zone.

1.) Stroju se daje nezavisno uzbudjenje do
statne jakosti. Kod konstantnoga broja okre-
taja i uzbudjenja — Teret = 0 — miču se
kefice samo i tako, dok se ne pronađe po-
ložaj u kojemu prikazuje na stenskoj prikazi-
ću voltmetar najveću napetost.

2.) Obična je metoda, koja radi induktivnim
zuteu. Stroj je kod toga u stanju mirovanja
zate — nezavisno — slabo uzbudeno. Ke-
fice se miču samo i tako, dok se ne pronađe
položaj, u kojemu voltmetar spojen s keficama
ne pokazuje nikakvog odklona, ako se
momentano mijenja jakost struje magne-
tisanja.

3.) Promjena napona. §§ 70-71 zopisa

R. E. M., koji dolaze ovdje u okvir glasi: Promjena napona kod zorednog generatora i generatora sa neravnom usbuđenjem čini povišenje napona, ako se prelazi od vrhaćnog tereta na nosile, čiji lezet.

- 1.) kod broja okretaja, jednakog označenom
- 2.) kofice u položaju, koji odgovara označenom teretu.
- 3.) kod vlastitog usbuđenja ostane otvor, a kod neravnog usbuđenja struja magnetiziranja konstantna.

Kako treba promjene odrediti vidi VI - C

Za veličinu ove promjene vidi:

neravno usbuđenje	vlastito usbuđenje
bez pomoć. pol. 8-12 %	15 - 20 %
sa pom. pol. 6-10 %	10 - 15 %
turbogeneratori 5-8 %	8 - 12 %
komp. generatori $\approx$ 0 %	

B. Motori. Vidi VI - 3. briu tamo spomenutog vredi još slijedeće:

a) Neutralna zona. Naraonauje kao kod generatora. Odnakun se kofice proti smjeru vrtnje, raste nešto broj okretaja. Odnakun li se kofice u smjeru vrtnje, onda pada broj okretaja, jer sudužici savoji armature podupiru glavno polje. Gma li motor pomoćne polove, liše kofice u neutralnoj zoni. Za povećanje stabiliteta može se kofice odnakunuti iz ovoga položaja po $\frac{1}{2}$ do 1 segment u smjeru vrtnje. Ali kod motora što promjene u pogonu smjer vrtnje moraju kofice biti u neutralnoj zoni.

β.) Stabiliteta motora. Gndj dolaze osobito u okvir motori sa neravnom usbuđenjem i po, redni motori t.j. motori, koji imaju kod

konstantnoga napona steraljka u konstantnu struju usbuđenja. Iz jednačine II-57-60. slijedi, ako stavimo $C_1 = \frac{E_a}{C}$

$$n = \frac{u - I_a R_a}{C \cdot \phi_a} \quad (48)$$

C je konstantni faktor.

Iz ove jednačine slijedi, ako se motor jače optereći:

- 1.) $E_a = u - I_a R_a$ postane manji: broj pada
- 2.) ϕ_a postane manji radi većeg protudijelova, npr. armature i.j. broj raste.

Promjene su lakše protivne. Motori sa velikim otpadanjem napona će npr. sa teretom umanjiti broj okretaja. Povišenje samo onda rezultirati ako je protudijelovanje armature veoma jako. Jako usbuđeni strojevi imaju će padanje broja okretaja, a slabo usbuđeni porast broja okreta. To se može dogoditi kod motora sa velikim brojem okretaja odno, sno s velikim oprezom regulacije.

Da se isпита dali je motor dostatno stabilan — t.j. motor ne smije povisiti broj okretaja, ako se teret nešto poveća iznad nominalnoga — napravi se slijedeći pokus:

Motor se okrene normalnim brojem okretaja te normalnim teretom. Onda se teret poveća za približno 25%. Ako je motor stabilan broj okretaja pada. Još je pokus irritirati, ako se odabere broj okretaja 5-10% iznad nominalnoga.

8.) Moment raketar (tuzug. moment) D_a

Za određivanje veličine D_a služi aparat na slici 26. Remen se pričvrsti na remen, mican vagu na zero. Ovdje vrijedi:

$$D_a = P \cdot \frac{d}{2} = Q \frac{d+d'}{2} \quad (49)$$



Sl. 26.

P je radijus obodua, sila na reneucici promjera d .

Q je vlačna sila pera, koja djeluje na zolugi $\frac{d+d'}{2}$

d' debljina reneuca ili konopa
 P i Q u kg, d i d' u m, onda je D_a u kgm.

Kod ovoga mjerenja mora se također uzeti silu trenja P_r , koja je uvijek suprotna

smjeru okretanja. Q se prema tome odredi iz dviju mjerenja.

1.) Armaturu se miče nešto u smjeru istnje mašine, te onda ipusti, tako da pero povuče armaturu natrag. Tada daje vlačnu silu Q , koja je za P_r veća, dakle

$$Q_1 = Q + P_r$$

2.) Armaturu se miče nešto u suprotnom smjeru. Obodua pla P vuče armaturu opet u početni položaj, ali ne savim. Tada daje sada Q_2 , koji je manje, nego Q i to za P_r

$$Q_2 = Q - P_r$$

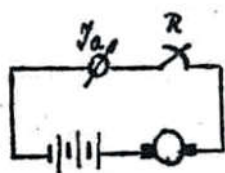
Konačno shijedi

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad P_r = \frac{Q_1 - Q_2}{2} \quad (50)$$

Mjerne veličine ovise su također o položaju armature, jer armatura trasi uvijek onaj položaj u kojemu je magnetični otpor najmanji. To se osobito opara kod strojeva sa malim brojem okretanja.

Sporovi. Motori su nezavisni i zoredni uobudicijem. — U obim slučajevima usue

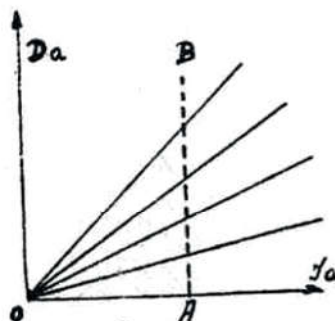
ne navedeno urbuđenje, spoj je po slici 27. Pošto je armatura u stanju mirovanja, nemamo in-
ducirane el. m. sile, potreban napon izvora je
prema tome malen.



Sr. 27.



Otporom R navedena
se potrebna urbuđenja
struju u armaturu.
Kofee je moment
vlakla proporcionalan
produktu iz jakosti
struje I_a te toka ϕ_a .



Sr. 28.

ovakve li C konstantu
faktor onda vrijedi

$$D_a = C \cdot I_a \cdot \phi_a \quad (57)$$

Mora se načiniti sljedeća mje-
renja:

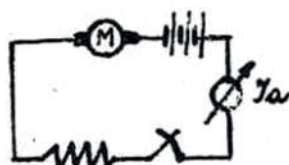
1.) Struja urbuđenja i je kon-
stantna, a I_a se promijeni
do približno dvostruke ozna-
čene struje; α se mjeri, kako
je to prije rastumačeno. D_a
se izračuna te se dobije

$$D_a = f(I_a); i = \text{const.}$$

Ista mjerenja napravi se također za druge
struje i te dobije različite krivulje - sl. 28. -
jer je za svaku krivulju i konstantno, pro-
čarak je ovih krivulja skoro ravan. Kod
velikog zasićenja počinje protudijelovanje utlovi-
sati, tako da ove krivulje nešto padnu.

2.) I_a je konstantno, a mjenja se i . Ove kri-
vulje može se također dobiti iz prvih. Sve
vrijednosti za konstantno I_a leže za različite
struje i na okomici AB sl 28.

Serijski motor. Spoj po slici 29. Primanje
je kao i prije, jer je struja armature ista,



Sr. 29.

meuuo takoder struja magnetiziranja dobijemo za D_a - dok meuamo velikog rasi-
eena - približno kvadratični polarsak, koji
postane linearni od $\sim 4/3$ označene struje
ma prijed.

Kompandui motori kao serijski, zoredu
namotaj dobije neravnomernostu.

5.) Struja upustanja. Upustanj mora
biti ovako, da se nema jakih udara struje
Razmjer struje upustanja / maksimalna struja
nesmije prekoračiti sljedeće vrijednosti:

označeno djelovanje KW $1,5 \div 5$ $5 \div 100$

Struja upustanja = $1,75$ $1,6$
označena struja

6. Stepen djelovanja.

oznajući li N_z dovedeno, N_a odvedeno, a
 N_v za gubitke trošeno djelovanju ($N_v = N_z - N_a$)
onda je stepen djelovanja η' jednak kvocijentu
odvedeno djelovanje. Obzirom na to da se
mjeri direktno N_a i N_z ili jedan od tih veličina,
te gubitke N_v moramo razlučiti sljedeće moguć-
nosti:

1.) direktno mjerenje stepen djelovanja $\eta' = \frac{N_a}{N_z}$ (52)

2.) indirektno - " - " - " - $\eta' = \frac{N_a}{N_a + N_v} = \frac{N_z - N_v}{N_z}$

Za direktno mjerenje može se upotrebiti sljedeće metode:

a.) mjerenje djelovanja

b.) kočenje

f.) opterećenje

Za indirektno mjerenje:

d.) djelovanje uatrag

e.) određivanje pojedinih gubitaka.

Proe tri metode unadu neupodun stranu, da su potrebne velike energije, da popriske kod mjerenja ili u instrumentu jako uplivia na rezultat. Ako je na n. popriska 2%, dobijemo stepen djelovanja sa 2% nepravilno. Mjerenja moramo poena tome smiti, sa osobitom pozornoscu. Dabit ovih metoda je taj, da se urauna sve gubitke.

Indirektno mjerenje je upodunije, jer ne troši mnogo energije. Pokriti se mora samo gubitke. bnu toga nemaju popriske u mjerenju velicine N_0 velikog upliva. Ako je na n. $N_0 = 10\%$. N_2 to N_0 poprisko $\pm 2\%$ ili sa $(0,1 \pm 0,1 \cdot 0,02)$. N_2 onda unadu efektioni stepen djelovanja 99, odnosno 90%, je mjerenje η' sa $\pm 2\%$ poprisko.

$$\eta' = \frac{N_2 - N_0}{N_2} \cdot 100 = \frac{N_2 - (0,1 \pm 0,1 \cdot 0,02) N_2}{N_2} \cdot 100$$

$$= 99,8 \text{ ods. } 90,2\%$$

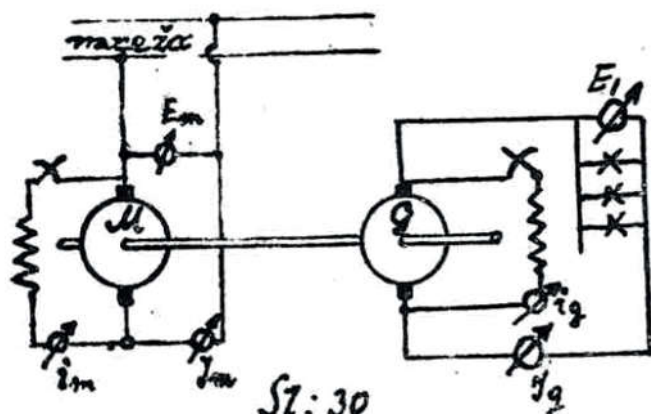
To je, narok, da popis karo:

Stepen djelovanja je uopće stepen, kojega se indirektnim putem izvrsi. Direktno se odredi samo sa strujice, kod kojih je razlika između dovedene i odvedene struje tako velika, da ne dolazi popriska u mjerenju u okvir.

2.) Mjerenje djelovanja.

Dovedenu i odvedenu djelovanje mjere se električnim mjerilima. Ovu metodu može se upotrebiti kod

motor-generatora
odnosno petrovaraša.
Slika 30. prikazuje ih.
Mreža hrani motor
(indeks m), generator
(indeks g) radi na



stroje, barube : t. d. -

Motora dovedeno djelovanje p' $N_{2m} = E_m \cdot I_m$

od generatora dovedeno $N_{2g} = E_g \cdot I_g$

Titulu stepen agregata

$$\eta' = \frac{N_{2g}}{N_{2m}} = \frac{E_g \cdot I_g}{E_m \cdot I_m} \quad (53)$$

Stoće li se upornati stepen ^{potrošnje} za jedinik stroja, mora se točno upornati stepen djelovanja ^{potrošnje} dijela agregata tj. ili motora ili generatora. Ina li jedan ili dva stroja, razviro u ustadeu, mora se još raz, cunati gubitke u namotaju kao određenu energiju

3.) Kocenje.

Podje se mjeri mehanicko djelovanje barucim, ili dinamometrom, elektricko, sa elektrickim mjeri, lima. Pru metodu upotrebi se sa maleme mo, tove i generatora, koji mogu se raditi kao mo, tori. Potrebno je u tom radu najplucaju odabra, ti razmjer tako, da p' elektricko, magneticko i mehanicko opterecenje motora je mogucnosti sto manje razlika od onih velicina, kao i upre, sa plucaj, da radi stroj kao generator.

Radi li stroj sa nerezivim ili vlastitim usvadenjem jeduput kao generator, drugiput kao motor sa istim naponom strazha, a odabere li se daljopterecenje tako, da pod stroja, sto radi kao generator predano djelova, nje $N_{2g} = E \cdot I_g$ jedusko od stroja, sto radi kao motor predanom mehanickom djelovanju $N_{2m} = \eta_m \cdot E \cdot I_g$, onda vrijedi sljedece:

Polje je u obiru plucajstva isto. U armaturi inducirana el. m. sila je kod motora manja, nego kod generatora. Stoga ima motor manje gubitke željeza i manji broj okretaja.

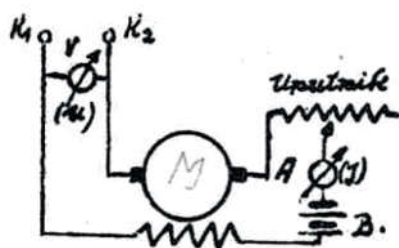
Pretpostavili smo:

$$N_{am} = N_{ag} \text{ ili } \eta'_m \cdot I_m \cdot E = I_g \cdot E = \text{ ili } \eta'_m \cdot I_m = I_g \quad (34)$$

Jer je $\eta'_m < 1$, mora struja motora biti veća, nego struja generatora. Stopa rada stroja kao motor opet veća putitke radi. Zbog ove činjenice. Uzmemo li prema tome sve navedeno u obzir, možemo kasati, da su uopće čitavi putici u obzir shvaćeni, ma isti. Bez velike pogreške medij prema tome stepen djelovanja motora, također onda, kad radi motor kao generator i obrnuto.

Za sumaciju dva principa:

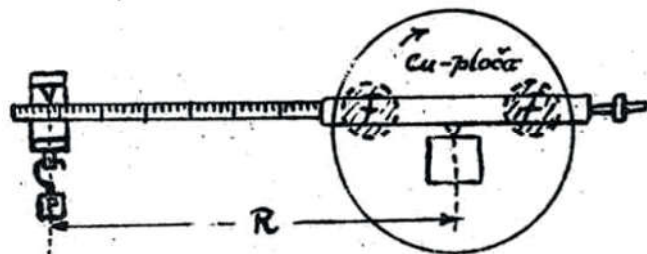
1.) Serijski motor.



Sz. 31.

Da istaknemo odvojaj elektromotora uzmemo na pr. kočnicu sa vrtloživim strujama. Slika 31. prikazuje, je shemu spoja. u krug baterije ili kognatnog izvora istosmjernog strujanja ukopčamo ampermetar A, koji mjeri jakost struje I, te voltmetar V, koji mjeri napon U na steraljka. Otpor nam služi sa uputajuju motora, koji tjera bahnom ploču kočnice - sl. 32. - Ploču kočnice magneti i f.

Za jednostavniji vrh magneta služi oslabiti izvor struje koji u slici nije otkazan.



Sl. 32.

Mjeri se napon steraljka U, ja, broj struje I, broj okretaja n, kod kočnice teret P, pripadajuća polupa R te broj okretaja n₂, prona se dakle sve potrebne veličine.

Otpor R₁ + R₂ ismeđu K₁ i K₂ mjeri se pomoću

struji i napona. Armatura se ne smije kod toga pomicati, a čitači otpor se upartavaju priključivanjem. Mjerenje otpornosti su bile na 11.

$$U = 11,6 \text{ Volta}; I = 6 \text{ Amp.}$$

$$R_a + R_z = \frac{U}{I} = \frac{11,6}{6} = 1,93 \Omega$$

Onda se priključi voltmetar tako, da mjeri samo pad napona u namotaju magnetu i to u hladnom stanju. Dobili smo na pr. $\frac{5,9V}{6A} = 0,983 \Omega$. Po dovođenom kretanju ponovimo mjerenje otpora $R_a + R_z$ te R_z . Dobili smo na pr. $R_a + R_z = \frac{13,7V}{6A} = 2,28 \Omega$. $R_z = \frac{6,6V}{6A} = 1,1 \Omega$. Srednja vrijednost je onda za $R_a + R_z = \frac{1,93 + 2,28}{2} = 2,1 \Omega$. Veličine za R_z upotrebimo za izračunavanje porasta temperature.

$$\text{Jer je } R_{zt} = R_{z0} (1 + \alpha t) \text{ sledi}$$

$$t = \frac{R_{zt} - R_{z0}}{\alpha \cdot R_{z0}} = \frac{1,1 - 0,983}{0,004 \cdot 0,983} = 30^\circ C$$

Rezultate kretanja sadrži sledeća tabela 2. pod oznakom, "mjerenje otpornosti".

br. pokusa	Mjerenje otpornosti						Izračunavanje otpornosti						$N_a = E_0(t - t_0)$
	U	I	P	R	motor R_1	kretanje R_2	E	U _I	E _I	N_a	η	η_1	
1	64	2,1	0	—	3470	—	59,4	140	130	0	0,93	0	0
2	64	6,2	0,25	0,45	1480	1860	57,3	390	316	108	0,86	0,534	210
3	64	7,1	0,25	0,57	1390	1660	49,3	450	345	245	0,77	0,544	241
4	64	8,1	0,375	0,48	1260	1560	46,7	525	384	287	0,73	0,547	285
5	63	9,6	0,375	0,64	1100	1365	42,9	605	412	337	0,68	0,557	322
6	64	10,7	0,5	0,57	1020	1250	41,6	690	445	368	0,65	0,534	358
7	64	12	0,5	0,68	940	1140	38,8	770	465	402	0,61	0,48	384
8	64	14	0,75	0,57	800	970	34,6	890	485	427	0,54	0,48	412
5a	64	9,6	0,375	0,64	1175	—	43,9	615	422	344	0,68	0,56	329

Poznatu nam je da postane kod nepravilnog momenta uticaja R jakost struje I skoro konstanta.

Samostalni efekt raste prema tome proporcionalno brzini okretaja. Pošto odgovara konstantnoj jačini, struja određena (jačina) vrijednost tako ϕ , mijenja

$$E_1 : E_2 = n_1 : n_2$$

Pomoću ove relacije možemo sa zadanim udjelom n_1 , izračunati pripadajuću vrijednost n_2 , koja odgovara d. m. sili E_2 . Time možemo pri provođenju naših pokusa reducirati, na konstantnu napetu U . Kao primjer pokus br. 5.

$$1.) E = U - I(R_{ot} + R_n) = U - 2,1 I = 63 - 2,1 \cdot 9,6 = 42,9 \text{ V}$$

$$2.) U \cdot I = 63 \cdot 9,6 = 605 \text{ W}$$

$$3.) E \cdot I = 42,9 \cdot 9,6 = 412 \text{ W}$$

4.) N_k kod kočnice primjenjuje se efektivna vrijednost, tj. ako je P_w realna vrijednost sila utrošene struje, R_w udjelovost hvatista od medine, on onda je moment utrošice $P_w \cdot R_w$ te primjenjuje

$$N_k = P_w \cdot 2 \cdot R_w \cdot \pi \cdot \frac{n_2}{60} \quad \left| 2 R_w \cdot \pi \cdot \frac{n_2}{60} = \text{puta} \right|$$

pa je $P_w \cdot R_w = P \cdot R$ gdje, ako uzmemo P_u kg te R_u metrima

$$N_k = \frac{2\pi}{60} \cdot R \cdot P \cdot n_2 = 0,1046 P \cdot R \cdot n_2 \text{ mkg/sec (55)}$$

A konjsku silu dobivamo:

$$N_k = \frac{0,1046}{75} \cdot P \cdot R \cdot n_2 = 0,0014 P \cdot R \cdot n_2 \text{ PS (56)}$$

Hoćemo li imati kočni efekt u vatima, možemo mkg muniti sa 9,81, prema tome

$$N_k = \frac{2\pi \cdot 9,81}{60} \cdot P \cdot R \cdot n_2 = 1,03 \cdot P \cdot R \cdot n_2 \text{ W (57)}$$

A na kraju je dakle primjeru:

$$N_k = 1,03 P \cdot R \cdot n_2 = 1,03 \cdot 0,375 \cdot 0,64 \cdot 1365 = 337 \text{ W}$$

$$5.) \eta = \frac{E \cdot I}{U \cdot I} = \frac{412}{605} = 0,68$$

$$6.) \eta' = \frac{N_k}{u \cdot I} = \frac{337}{10} = 0,557$$

Uprava smo ušli kod napona 63 Volta, ali kod svih drugih pokusa bio je napon 64 Volta. Bilo bi ipu našem primjeru također nepotrebno 64 Volta napona 63 i to kod istoga momenta rotacije, onda bi imali struju 9,6 Amp., ali el. m. silu $E = 64 - 9,6 \cdot 2,1 = 43,9$ Volta. Razmjer $E_1 : E_2 = n_1 : n_2$ t.j. $42,9 : 43,9 = 1100 : x_2$ (E2) da se pripadajući broj $n_2 = 1125$. Korisni efekt raste proporcionalno sa brojem okretaja, prema tome

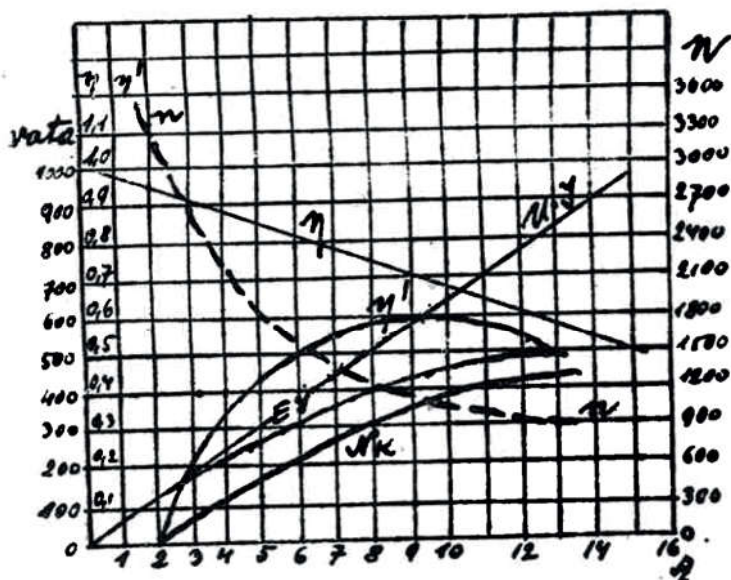
$$N_k = 337 \frac{1125}{1100} = 344 \text{ vata}$$

$$u \cdot I = 64 \cdot 9,6 = 615 \text{ vata}$$

$$\eta = \frac{422}{615} = 0,688$$

$$E \cdot I = 43,9 \cdot 9,6 = 422 \text{ vata}$$

$$\eta' = \frac{344}{615} = 0,56 \text{ /vidi sa Tab. 2./}$$



Sr. 33.

Rezultate, reducirane na konstantan na, pon na 64 Volta uruamo u slici 33 kao ordinu, tu razlicitih krivulja. Za svaku od njih se broj okretaja ili konstantni efekt ili jakost struje. U slici 33. tri su abscise jakost struje, sve druge velicine to su ordinatu popodizivih

krivulja. Za efekt i stepen grijanja videti napise na lijevoj strani, za broj okretaja napisi na desnoj.

Maksimalni korisni efekt imamo, ako je struja anuature $I = \frac{U_0 + i_0}{2}$ t.j. $I_0 = \frac{64}{2,1} = 30,4$ A $i_0 = 2,1$ A

$$Y = \frac{30,4 + 2,1}{2} = 16,25 \text{ A}$$

$$E = 64 - 2,1 \cdot 16,25 = 29,875 \text{ V}; N_k = E(Y - i_0) = 29,875(16,25 - 2,1) = 422 \text{ vata}$$

$$\eta' = \frac{422}{64 \cdot 16,25} = 0,406$$

Maksimalni stepen djelovanja traži struju $Y = Y_0 = \sqrt{30,4 \cdot 2,1} = 8$
 onda je $E = 64 - 2,1 \cdot 8 = 47,2 \text{ Volta}$ $N_k = E(Y - i_0) =$
 $= 47,2(8 - 2,1) = 278 \text{ vata}; \eta'_{\max} = \frac{278}{512} = 0,544$

2.) Poredni motor. Kočeni se uži na isti način.
 Poredni je ako se osim struje Y u vanjskom krugu
 imaju također struja im i magneta. Električni stepen
 djelovanja slijedi iz formule

$$\eta = \frac{E \cdot Y_a}{U \cdot Y} \quad / \quad Y_a = Y - I_m \quad E = U - Y_a R_a \quad / \quad \text{također}$$

stepen djelovanja iz
 $\eta' = \frac{N_k}{U \cdot Y}$. N_k određi se na isti način,
 kako je to bilo utvrđeno kod serijskog motora.
 Ali N_k može se također odrediti iz jednačine
 $N_k = E(Y - i_0)$. Na pr.

Motor armature (i kefica) $R_a = 0,35 \Omega$, $R_m = 42 \Omega$
 $U = 65 \text{ Volta}$. Jakost struje neopterećenog kruga
 $i_0 = 3 \text{ amp}$. onda vrijedi:

$$i_m = \frac{U}{R_m} = \frac{65}{42} = 1,55 \text{ A} \quad Y_a = Y - I_m = Y - 1,55$$

$$E = U - Y_a R_a = 65 - Y_a \cdot 0,35 \quad N_k = E(Y - i_0) = E(Y - 3) \text{ vata}$$

$$\eta = \frac{E \cdot Y_a}{U \cdot Y} \quad \eta' = \frac{N_k}{U \cdot Y}$$

Ako je na pr. $Y = 15 \text{ A}$. onda imamo:

$$Y_a = 15 - 1,55 = 13,45 \text{ A}; E = 65 - 13,45 \cdot 0,35 = 60,3 \text{ Volta}$$

$$N_k = E(Y - i_0) = 60,3(15 - 3) = 723,6 \text{ vata}$$

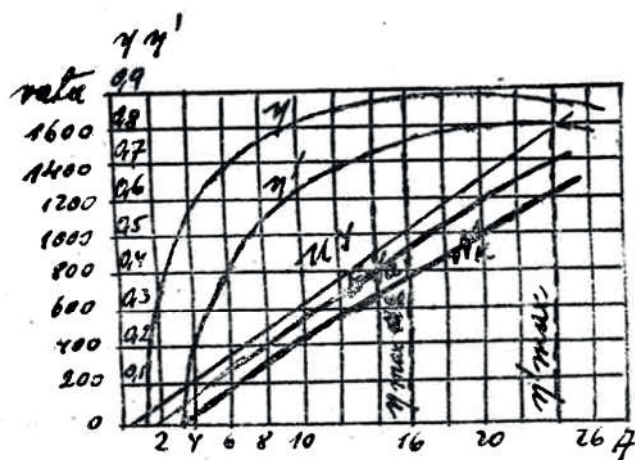
$$U \cdot Y = 65 \cdot 15 = 975 \text{ vata}; E \cdot Y_a = 60,3 \cdot 13,45 \text{ vata}$$

$$\eta = \frac{E \cdot Y_a}{U \cdot Y} = \frac{810}{945} = 0,833 \quad \eta' = \frac{N_k}{U \cdot Y} = \frac{723,6}{975} = 0,741$$

Na ovaj način izračunana je tabela 3. Slika
 34. prikazuje iste vrijednosti u obliku krivulje.

Jakost struje I taori abscisu, druge veličine ordinatu. Kri-
 tab.3. vaka $U \cdot Y$ pa-
 vac, koji polazi
 kroz ishodište
 koordinata.
 Krivuga $E \cdot Y_a$ te
 N_k su skoro rav-
 nocrte, od čega
 se odabiraju kod
 jače struje. Krivuga η
 počinje u točki I_0 ,
 te postigne maksimum
 za $I = 16$ A. η' počinje za $I =$
 $= 3$ A te ima maksimum
 za $I \sim 24$ A. η je maksimal-
 na za $I = \frac{U}{R_m} \sqrt{\frac{R_a + R_m}{R_a}} =$
 $= \frac{1,55 \cdot \sqrt{42,35}}{0,35} = 16$ A.
 η' je maksimalna za

I	U	I	E	$U \cdot Y$	$E \cdot Y_a$	N_k	η	η'
1	65	3	64,5	195	94	0	0,482	0
2	65	6	63,4	390	282	190	0,725	0,49
3	65	9	62,4	585	465	374	0,824	0,64
4	65	12	61,3	780	640	550	0,833	0,706
5	65	15	60,3	945	810	724	0,834	0,744
6	65	18	59,2	1165	945	890	0,835	0,764
7	65	21	58,2	1364	1130	1040	0,835	0,765
8	65	24	57,1	1560	1280	1200	0,83	0,77
9	65	27	56,1	1750	1430	1350	0,82	0,77



S2.34.

$I = \sqrt{I_0^2 + I_0}$, I_0 je $\frac{65}{0,35} = 186$ A $I_0 = 3$ A, prema tome $I = \sqrt{186,3^2 + 9} = 20,6$ Amp.

Za maksimalnu vrijednost N_k imamo:

$Y_a = 94,5 - 1,55 = 93$ A, $E = 65 - 93 \cdot 0,35 = 32,5$ volta

$E \cdot Y_a = 32,5 \cdot 93 = 3020$ vata

$N_k = E(I - I_0) = 32,5 \cdot 91,5 = 2960$ vata

$\eta = \frac{3020}{65 \cdot 94,5} = 0,493$ $\eta' = \frac{2960}{65 \cdot 94,5} = 0,483$

Za $I = 24$ A je $U \cdot Y - E \cdot Y_a = 1560 - 1280 = 280$ vata =
 gubitak zbog Jouleove topline u armaturi i
 magnetsu. Gubitak u magnetsu je $1,55 \cdot 65 =$
 $= 100$ vata, gubitak u armaturi $280 - 100 = 180$ vata.
 Gubitak zbog histerese i unutarnjih struja je
 $E \cdot Y_a - N_k = 1130 - 1000 = 130$ vata. Iz ovog se vidi,
 na vidu, da η' postigne maksimum, ako su
 gubici radi Jouleove topline u armaturi i

kepicama jednaki gubiciima usluđenja, Treća, histerese i inžlozmk struja.

f.) Opterećenje.

Mehaničko opterećenje mjeri se basidarenuin pomoćnuu stupem, električno sa električnuu mjerilima. Ova metoda može se upotrebiti sa basipod motore i generatora.

1.) Motori: Pomoćni stroj, uofoi predui gaura, tor služi sa opterećenju. Mjeri se od motora prim ljeuo djelovanja N_{2m} , te od generatora predauo N_{2g} . Iz ovoga odredi se pomoću diagrama bas darenju generatora dovedeno mehaničko djelova nje N_{2g} , koj je kod ukloćenja spoja jednako od motora proizvedenom N_{2m} . Stepen djelova nja motora p'onda:

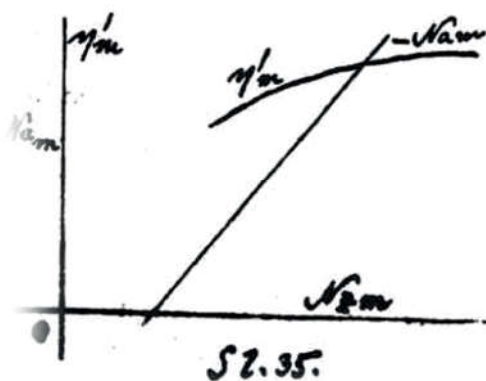
$$\eta_m = \frac{N_{2m}}{N_{2g}}$$

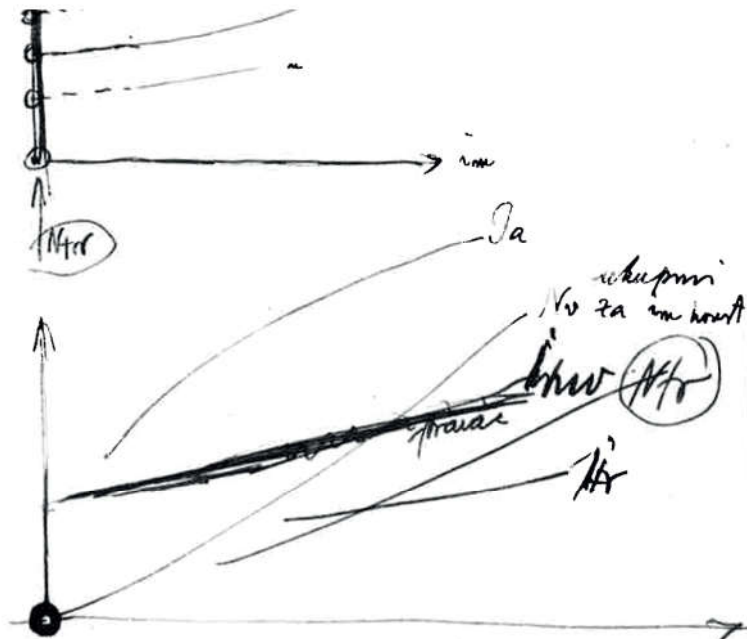
$$\eta_{gm} = \frac{N_{2m}}{N_{2g}}$$

2.) Generatori: Za generatora napravi se mjer nje isto tako. Ali pomoćni stroj je točno basde reui motor. Svoj po slici 30. Mjeriti se mora:

a.) Kod konstantnog napona i konstantnoga broja okretaja treći diagram koćenja pomoćnog motora. Od motora predauo djelovanja N_{2m} nasenta se u diagram u ovisnosti od dovedenju djelovanja. Isto tako, pita se η_m - sl. 35.

2.) Generator se spji sa motorom ukloćuo. Onda se usvadi generator na napon, steralha K_f te promijeni struja tereta od $I = 0$ do $I = 1,3 I_{nom}$. Ovoj n te napon U_m mota, na moraju biti isti kao,





$$M_r = \underbrace{a \cdot n}_{\text{hist}} + \underbrace{b \cdot n^2}_{\text{vrtl}} + \underbrace{c \cdot n^{3/2}}_{\text{frenje}} = I_a \cdot E_a \cdot n$$

hist	$a \cdot n$	$a_1 \cdot L^{4/6}$
vrtl	$b \cdot n^2$	$b_1 \cdot L^2$
frenje	$c \cdot n^{3/2}$	nezavisno

$$\frac{M_r}{n} = \frac{I_a \cdot E_a}{n} = \frac{E_a}{n} \cdot I_a = a + b \cdot n + c \cdot \sqrt{n}$$

E_a jedino te isto ujednat je $\frac{E_a}{n}$ konst. veličine
 pa je: $(a + b \cdot n + c \cdot \sqrt{n}) \therefore I$

$c\sqrt{n}$ je treća proporcionalna jakost signala

$$i_r \cdot E_a = N_{tr} = c n^{3/2} \quad \text{dakle:}$$

$$i_r = \frac{N_{tr}}{E_a} = \frac{N_{tr} : n}{(E_a : n)} = 17,2 \cdot \frac{N_{tr}}{n}$$

$$i_r = N_{tr} \cdot \frac{17,2}{n}$$

Stoga dakle dobivemo da je bitno N_{tr} pomnožimo sa $\frac{17,2}{n}$

Da i mi dobivemo da je pravac jes
ako odvojimo od

$$a + b n + c \sqrt{n}$$

$$\Delta y = a + b n$$

$$\text{za } n = 0$$

$$\text{ordinata} = \underline{a}$$

kod priključenja. buda ispitati

od generatora predano djelovanje:

$$N_{ag} = N_g \cdot \eta$$

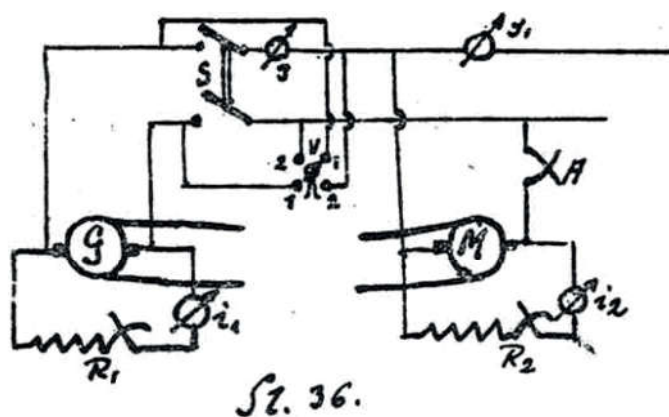
Generatoru dovedeno: $N_{ag} = N_{em} = N_{em} \cdot \eta'$

$$\eta'_g = \frac{N_{ag}}{N_{em}} = \frac{N_{ag}}{N_{em}} \cdot \frac{1}{\eta_m} = \frac{N_g \cdot \eta}{N_{em} \cdot \eta_m} \cdot \frac{1}{\eta_m} \quad (58)$$

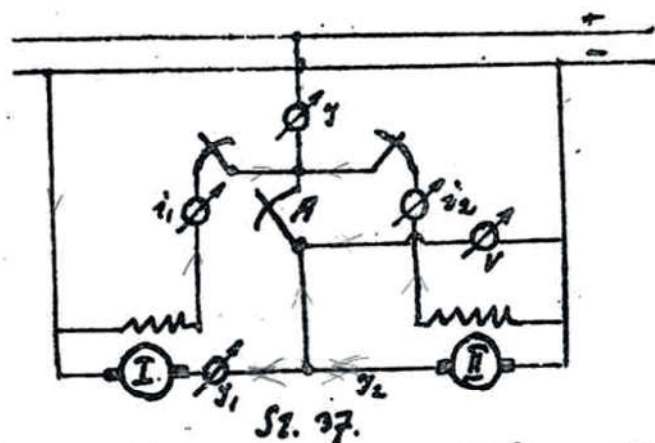
5.) Djelovanje ustraga.

Kod ove metode mora se imati znanje dva stroja iste konstrukcije, istoga napona i djelovanja.

a.) Djelovanje potrebno se gaubiti dovede se električnim putem. Sl. 36. Sa generatorom G spojen je motor M, koji je hreni mreže. Sklopka S otvorena. Kada se uskladi G te spoji po pravilna paralelnog spajanja na mrežu odobno motor M. Uba, dimo li generator



zovećanju i, pače onda daji G struju Y motoru M. Se mreže se usme, saluo struju Y, koja se



teiji stroja I, postane generator te dobada struju II, stroju II. U je stroja is mreže, potrebna

potrebna za gaubiti ke generatora i motora. Drugi spoj prikazuje sl. 37. Struj I i II upaste se zajedno is mreže pomoću uputnika H. tjaca li se usme

djelomice sa gubitke. Stroja armature motora II.
 i prema tome

$$Y_2 = Y_1 + Y - (i_1 + i_2)$$

Napon U strajka obiju stroja jednak je
 naponu mreže. Kod izračunavanja stepena
 djelovanja pretpostavimo $\eta_m = \eta'_m$

Stepen djelovanja $\eta_r = \eta'_r$

Od generatora predamo djelovanju $N_{ag} = Y_1 \cdot U$

Cijeli motor dovedemo djelovanju $N_{em} = N_{ag} + U \cdot (Y_1 + Y_2) \cdot U$

Ukupni stepen djelovanja $\eta = \eta'_m \cdot \eta'_g = \frac{N_{ag}}{N_{em}} = \frac{Y_1}{Y_1 + Y}$

Stepen djelovanja stroja $\eta'_m = \eta'_g = \sqrt{\eta} = \sqrt{\frac{Y_1}{Y_1 + Y}}$ (6)

Ako sa strojima spojimo serijom mora se uzeti u
 obzir još stepen prenosu η_R . Onda vrijedi

$$\sqrt{\eta'} = \sqrt{\frac{Y_1}{Y_1 + Y} \cdot \frac{1}{\eta_R}} \quad (60)$$

Imamo neravno usvjetenje, kao i u regulaci-
 ciji veoma pogodno, onda je $N_r = Y \cdot U$ s. j. djelo-
 vanje potrebno za gubitke u armaturi, željenu te-
 frenciju obiju strojeva. Gubitak usvjetenja
 N_{mm} i N_{mg} mora se uzeti te umetnuti u
 jednadžbu 59. t. j.

$$\eta'_m = \eta'_g = \sqrt{\eta'} = \sqrt{\frac{Y_1 \cdot U}{(Y_1 + Y) \cdot U + N_{mm} + N_{mg}}} \quad (61)$$

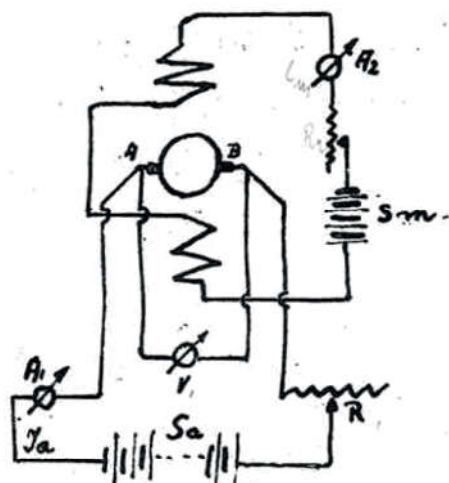
Jer sa brojem obujetaja stroja - ako radi kao
 generator odn. motor - sličici - vili sub β - mora
 se regulirati na mediji broj. Za serijske stro-
 jeve nam se neravno usvjetenje.

b.) ovim ove metode imamo još i nešto izmije-
 njene; kod kojih se dovede sa gubitke potrebno
 djelovanje električnim putem i mehaničkom rad-
 njom (Blondel) Ali ove se strojevi upotreblja-
 vaju vrlo rijetko, stopa refleksa od njih alariti
 u sumračenju. (Vidi Jaku, Mrazur, au d. man, ETZ 1909.
 Str. 866. i t. d.)

E.) Metoda pojedinih gubitaka.

(Einzelnverlustverfahren)

1.) Opisni postupak kretanja. Da odredimo gubitke zbog trenja, histerese i vrtložnih struja pomoću zaleusa usbudimo stroj iz nekog reda struje te uvedemo struju u armaturu i mjerimo jakost struje, te napon kofica. Sl. 38. prikazuje shemu spoja. Sm je izvor struje sa usbudnom magnetom, struju im mjeri ampermetar A_2 . Otporom R_2 možemo struju regulirati. Armatura, za dobivanje struje iz baterije S_a , jakost mjeri ampermetar A_1 , napon kofica mjeri voltmetar V , otpor R može se mjeriti te tako regulirati struju. Ako je armatura u stanju mirovanja te mjerimo U_0 i I_0 , onda je otpor armature + kofice



Sl: 38

$$R_a = \frac{U_0}{I_0}$$

Uvedemo li u armaturu, koja se okreće strujom I_a , koji proizvodi između A i B napon U , onda je uveden efekat $U \cdot I_a$. ovaj efekat smo upotrebili za protiv, roduju Jouleove topline $I_a^2 R_a$ te se okreće, u armature, pri čemu su nastali gubici zbog trenja, histerese te vrtlož. struja.

Označimo li ove gubitke sa N_v , onda

$$U I_a = I_a^2 R_a + N_v; N_v = U I_a - I_a^2 R_a = I_a (U - I_a R_a) = E \cdot I_a \quad (62)$$

pa je $E = U - I_a R_a$ prsta el. m. sila armature, koja proizvodi rotaciju armature u magnetskom polju. N_v možemo prema tome iz

$$U = 94 \text{ V} \quad I_a = 1,55 \text{ A} \text{ prema tome } E_2 = 94 - 1,55 = 92,45 \text{ Volta}$$

$$\text{Pripadajući broj okretaja } n: E_1 : E_2 = n_1 : n_2$$

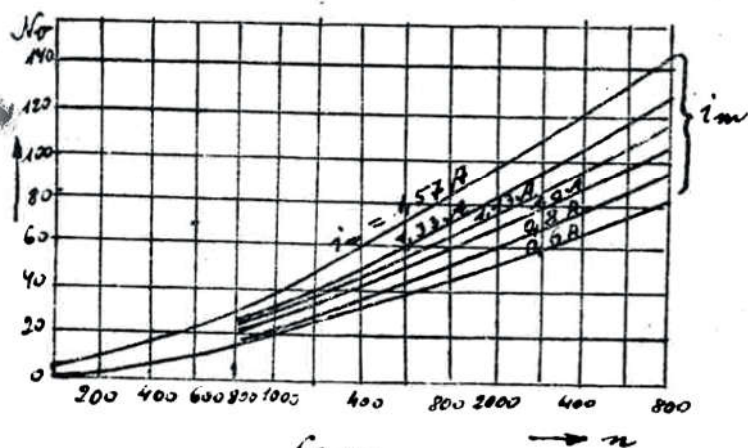
$$93,3 : 92,45 = 2770 : n_2 \text{ t.j.}$$

$$n_2 = \frac{92,45 \cdot 2770}{93,3} = 2740$$

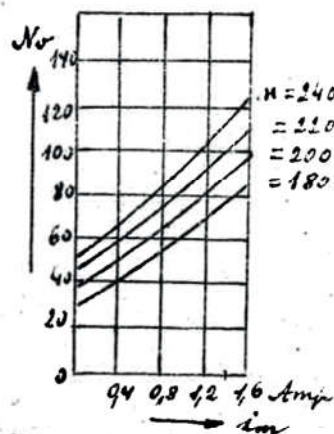
Efekt N_v , koji odgovara ovome broju je $E \cdot I_a = 92,45 \cdot 1,55 = 143 \text{ wata}$.

Mjerenja se mogu početi, kad se vridnosti i_m više ne mijenjaju, čepovi i ležaji moraju postići nepromjenljivu temperaturu. / Kod ve. likih strojeva biva to istom nakon nekoliko sati /

Rezultate mjerenja N_v - n sadrжава sl. 39. n čini apscisu, N_v ordinatu. Ako se uzmue iz sl. 39, za jednu te istu abscisu na pr. 1800 pruga, dajuće ordinate na različite struje i_m dobije se sl. 40. bodje su abscise gubitaka i_m , a ordinate gubici, koji odgovaraju određenom broju okretaja. Sl. 40. daje nam ove krivulje za $n = 1800, 2000, 2200, 2400$. Iz ove slike može se za svaki broj n svako pojedinačno primiti gubitak na gledi N_v , te odrediti sve gubitke bačdarenog stroja



Sl. 39.



Sl. 40.

Primjer: kod motora Tjervani bačdareni stroj daje 65 V i 10 A u vanjski krug. $i_m = 15 \text{ A}$, $n = 2200$.

Trži se djelovanje motora u vatima isteknućijelova
nja η generatora.

Koristi efekt generatora je $N = 65 \cdot 10 = 650$ vatta. Gubi
su 1.) Jouleova Toplina u armaturi i kapičama

$$I_a^2 R_a = (10 - 1,5)^2 \cdot 1 = 72,25 \text{ v}$$

2.) — — — — — u magnetu $N \cdot i_m = 65 \cdot 1,5 = 97,50 \text{ v}$

3.) gubici N_v (sl. 40) obraca 15 A krivulj = $2200 \cdot 100,00 \text{ v}$
 $\Sigma v = 269,75 \text{ v}$

Djelovanje motora : $650 + \Sigma v = 919,75$ vata

$$\eta \text{ generatora} = \frac{\text{koristi efekt}}{\text{trošeni efekt}} = \frac{650}{919,75} = 0,708$$

Ali ovdje nisu uočeni dodatni gubici. Točnu ekipe
rimentalno određivanje više puta nije ni moguće.
Stoćemo li se gubitke određiti, moramo imati toč
prijedareni pomoćni motor. Stroj se spoji kratko,
a pomoćni motor ga tjera sa osuarećim brojem
okretaja. Uključeni se navedu tako, da teče naj
malu struja. U armaturu. Od motora pre
dano djelovanje se izračuna. Ovo djelovanje se
troši za gubitke trenja, gubitke u armaturi i ka
pičama te dodatne gubitke, koji se može odrediti

Prima propisa mora se ove gubitke odrediti samo
za sinkrone strojeve. Za druge strojeve uzme se nekih
procenata u račun, tako, da se je onda kod izrač
navanja stepena djelovanja uoči također ove
gubitke u obzir.

Ovdje medli:

- | | |
|---|-------|
| a.) kompenzacioni strojevi istosmjernu struju | 1/2 % |
| b.) nekompenzacioni, sa i bez pomoć. jalova | 1 % |
| c.) pretvarač (Einankerumformer) | 1/2 % |
| d.) asinkronni strojevi | 1/2 % |
| e.) kaskadni pretvarač | 1 % |

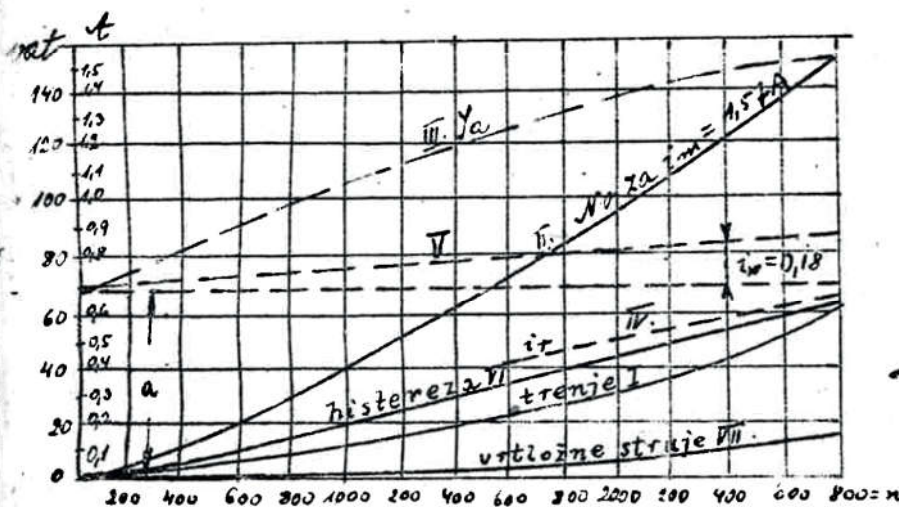
Uvijek ovih gubitaka leži u tome, da je navedena
pola opterećenog stroja druga, nego kod neopterećenog

3.) Rastavljanje gubitaka.

Vrše putu razumna nas rastavljanje gubitaka na zopidine ordinate, je kojih sastoji. Po Detmar-ovoj metodi može se to napraviti na sljedeći način.

Stavimo li u sl. 40. uskutene $i_m = 0$, onda otpadnu gubici zbog histerese i vrtložnih struja, a ostanu gubici zbog trenja. U sl. 40. produžimo krivulju do specijalne asi ordinate, te dobijemo gubitke zbog trenja za različite brojeve okretaja. U slici 41 koore brojevi okretaja x i y , a gubici ordinate.

Krivulju I. dobili smo tako, da smo za obrtne 1800, 2000, 2200, 2400 u sl. 40 uzeli gubitke trenja te ih ostali kao ordinate. Iz vršićemo sada rastavljanje za



Sz: 41.

uskutene 457 Amp (prva krivulja sl. 39.)

Prva krivulja ostane je u slici 41 još pridružit kao krivulja II. Gubitak gubitka o broju tura x te indukciji B_a sljedeći iz sljedećega:

Trenje: ovisnost od x : $e \cdot x^2$; ovisnost od B_a : $\frac{1}{2} B_a^2$

histeresa: $\frac{a \cdot x}{b \cdot x^2}$

vrtlož. struje:

Prema tome je pidualna ordinate krivulje:

$$N_x = a \cdot x + b \cdot x^2 + c \cdot x^{\frac{3}{2}}$$

(63)

Jer je $N_x = E \cdot Y_a$ dobijemo

$$\frac{N_x}{x} = \frac{E}{x} Y_a = a + b \cdot x + c \cdot \sqrt{x} \quad (64)$$

Za pidualu te isto uskutene je $\frac{E}{x}$ konstantna veličina, u našem primjeru $= \frac{1}{24.7}$, prema tome su ordinate krivulje $a + b \cdot x + c \cdot \sqrt{x} = \frac{E}{x} \cdot Y_a$ razmjernost struje.

Ustavu li n kojim god mjerilu za amp. x e i waki broj n mjerenu jakost struje I_a kao ordinatu, do bijemu krivulju III. Ova $c \sqrt{n}$ je frezji proporcionalna jakost struje. Ako je i_r ova struja - i ako je el. m. sila armature E - onda je

$$E i_r = c n^{\frac{3}{2}} = N_r \quad i_r = \frac{N_r}{E} = \frac{N_r}{\left(\frac{n}{29,7}\right)} = 29,7 \frac{N_r}{n} \quad (65)$$

Pomoću ove jednadžbe nađemo struju i_r , ako množimo gubitke zbog frezja, koji odgovaraju broju n sa 9,7. Krivulja I daje za $n = 2000$ $N_r = 38$ vata. Prema tome

$$\frac{n}{29,7} i_r = \frac{29,7 \cdot 38}{2000} = 0,564 \text{ A.}$$

Na isti način izračunava se i_r za $n = 1800, 2200 \dots$ te dobije krivulju IV. Subtrahiramo li IV od III, dobijemo V, koja prikazuje veku između broja okreta n i one jakosti struje, koju treba histeresa i vrtložne struje. Stavimo li za $\frac{E}{n}$ i veličinu y , za $\frac{E}{n} \cdot i_r$ veličinu y_2 dobijemo:

$$\begin{aligned} y_1 &= a + b n + c \sqrt{n} \\ y_2 &= c \sqrt{n} \\ y_1 - y_2 &= y = a + b n \end{aligned} \quad (66.)$$

To je jednadžba pravca, a krivulja V je prema tome pravac. Stavimo $n = 0$, onda dobijemo, ako V produžimo do osi ordinata $y = a$ ili u našoj mjeri u amp. $y = 0,7$ t t-j jakost struje potrebna za histeresa: i_h

Uzmemo li broj točku 0,7 t usporednicu s aks. osom, onda odgovaraju ordinate između ove uspo. redukcije te pravca V struji, koja je potrebna za svlađavanje gubitaka zbog vrtložnih struja i_w . - Množimo li pronađene jakosti struje sa E ili što je isto u našem slučaju sa 29,7 onda dobijemo tražene gubitke u vatima.

Prema tome su:

Gubici zbog histerese $0,7 \frac{n}{29,7} = 0,0236 (= a) n$ vata. Za $n = 1000$ dobijemo 23,6 vata, a za $n = 0$ dobijemo

- 55 -

gubitke = 0. Vraćamo li dakle kroz izvor koordinate te $N_k = 23,6$ vata za $n = 1000$ prava, rezultira krivulja $\overline{N_k}$, čije ordinatne odgovaraju gubicima radi histerese.

Gubici vrtložnih struja daju jednu: $N_w = E \cdot i_w = \frac{n}{29,7} \cdot i_w$. Za $n = 2400$ je $i_w = 0,18$ A, prema tome $N_w = \frac{2400}{29,7} \cdot 0,18 = 14,6$ vata. Gubitak vrtložnih struja je $\propto n^2$ prema tome $N_w = \frac{14,6}{2400^2} = 0,00000254$. Za $n = 2000$ je $i_w = 0,15$ $N_k = \frac{2000}{29,7} \cdot 0,15 = 10,1$ v i $\propto = \frac{10,1}{2000^2} = 0,00000252$. Srednja je vrijednost, $0,00000253$. Na taj način p'ostanu krivulja $\overline{N_k}$. Hoćemo li još odrediti C onda utvrdimo jednačinu

$$N_k = C \cdot n^{\frac{3}{2}}$$

Za $n = 2000$ je $N_k = 64$ vata (krivulja I) dakle $C = \frac{64}{2000^{\frac{3}{2}}} = 0,00043$. Totalni gubici na efektu za urbuđenje i m = 1,57 A određuju jednu:

$$N_w = 0,0236 n + 0,00000253 n^2 + 0,00043 n^{\frac{3}{2}}$$

ova metoda nema pogreške; jedino u tome što smo približno poduzeli krivulje sl. 40 za određivanje gubitaka radi trenja. Da se ove vrijednosti dobiju točnije, može se ući u sl. 40. sa abscisa vrijednosti i_m^2 namjesto i_m . Onda bi se točke krivulje približavale osi ordinata, osim toga imale bi približno pravi korak prava.

Gubitke trenja može se također naći na sljedeći način (analizirajući metode)

odkopčava se momentano armatura, koja se okreće, od izvora struje, onda se troši u armaturi i sakuplja na energiju za gubitke. Dok se još armatura okreće, gubici su ovi:

- 1.) Trenje N_k , ako se istopčava armatura i još je
- 2.) Trenje i gubici u željezu, ako se istopčava samo armatura.

Struju se daje broj tura na kojegod način, te se onda prepušta samom sebi. Prilikom 5 sek mjerenja

se broj tura, kod većih strojeva sa tahometrom
a kod manjih pomoću el. m. m. koje proizvodi
nemogućnost. Ovdje vodi razumje $E_1 : E_2 = n_1 : n_2$. Prva
vrijednost n_1 se ismjeri tahometrom. Skapa spada,
juče vrijednosti n te vrijednost t dadu nam kriva-
lju (Auslaufkurve) Ponovimo li ovo mjerenje,
ali sada kod usbudjenih magneta (norm. usbu-
denje) dobijemo drugu krivulju. Osim toga est-
se sa rasne brojve okretaja krivulju gubitaka
 N_v koju se snimilo prema prijašnjem tumačenju
($N_v = E \cdot Y_a$ Krivulja I u sl. 42.) To je krivulja, koju se do-
biže sa kojegod konstantna jakost struje i m,
napon je promjenjiv: $N_v = f(n)$. Slijedeca tabe-
la 5 prikazuje nam rezultate ovakvog mje-

Tab. 5. renja, koje smo upotreabili za
ortauji krivulje I, II i III. u sl. 42

Za krivulju I. Fori n ordinat,
tu, a gubitak N_v abscisa
i to počinje od onog momenta
u kojemu smo prestali sni-
mati samoj sebi. Krivulja II
vodi na "bez usbudjenja" N_v ,
krivulja III. "za normalno usbu-
denje." — "Živa sila okreta"

t	Broj tura na usbudjenju	Broj tura na usbudjenju	$N_v = E \cdot Y_a$
0	1410	1124	670
5	1016	884	446,2
10	884	640	261,3
15	774	438	144,7
20	670	267	64,6
25	580	132	19,7

(juče) se tjda je

30	490
35	420
40	346
45	280
50	222
55	172
60	122
65	82
70	32

$N = \frac{1}{2} K w^2$ (67)
 K je mom. Inercije obkrom na osi. Fugè, w
kutna brzina. Provedeni efekt je

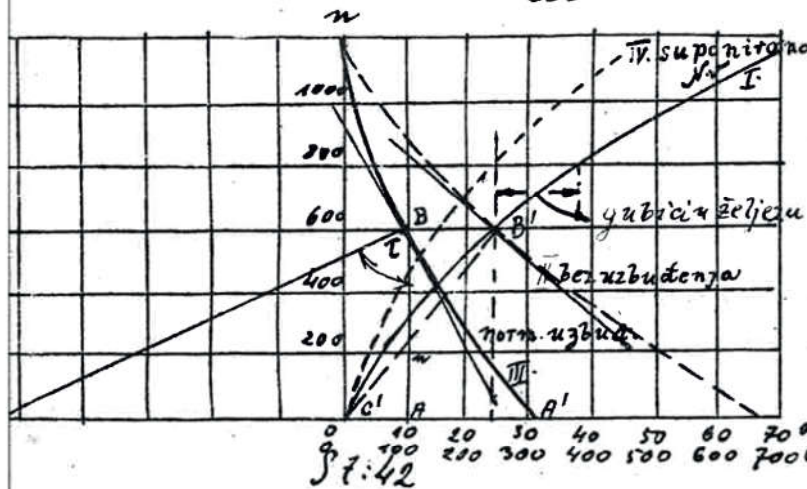
$$N = \frac{dA}{dt} = K \cdot w \cdot \frac{dw}{dt}$$

Uvedemo li za broj tura n /min onda
vrijedi $w = \frac{2\pi n}{60}$, $\frac{dw}{dt} = \frac{2\pi}{60} \frac{dn}{dt}$

$$N = \frac{dA}{dt} = K \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 n \cdot \frac{dn}{dt} \text{ Stavimo} \\ K \cdot \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 = C \quad (68)$$

dobivamo konačno

$$N = C \cdot n \frac{du}{dt} \quad (69)$$



Dakle li morali na desnoj strani još dodati suak —, jer odgovara porastu namena t zadajući broj tura n. Okreće li se armatura u usbuđenom polju, onda je $N = N_0 = \text{gubitak}$

radi treća, histerese i utlošnih struja. Kod okretanja u neurbuđenom polju imamo samo gubitke treća vr eme tome

$$N_R = C \cdot n \cdot \frac{du}{dt} \quad (70)$$

Točki B krivulje III odgovara $n=600$. Po krivulji I pripada ovoj vrijednosti gubitak $N_R = 240$ vata. $\frac{du}{dt}$ je $\frac{1}{2\pi} \frac{du}{dt}$ te $n \cdot \frac{du}{dt} = AC$, ako je CB normale u točki B. Dakle

$$N_R = C \cdot AC \quad (71)$$

Za različite brojeve okretanja $n_1, n_2, n_3, \dots$ dobije se i krivulje III pripadajuće subnormale, a iz krivulje I ovim brojevima odgovarajuće djelovanje. Faktor C služi is jedu. 70, jer je geometrično

$$n \cdot \frac{du}{dt} = \text{subnormali krivulje } n = f(t)$$

a $n = f(t)$ je krivulja III.

Čitaju li se različite točke krivulje II. subnormale te izračuna pomoću ovih i faktora C različitim brojevima tura pripadajuće gubitke zbog treća $N_R = C \cdot n \cdot \frac{du}{dt} = f(n)$, dobije se krivulja IV. Diferenca akcija I te IV daje nam krivulju sa gubitke u željezu, koji se može sada raspodijeliti po pravilima, kako je to bilo prije tumačeno.

Za krivulju II. dobijemo za isti broj tura, t.j. $n=600$ točka B se normalom C'B'. Prave tome je

$$N_R = C \cdot A' C' \quad (72)$$

Dividiramo li jednu jednu sa drugom :

$$\frac{N_R}{N_v} = \frac{AC'}{AC} \text{ ili } N_R = N_v \cdot \frac{A'C'}{AC} \quad (73)$$

Uvrstimo li nastane veličine u kojoj god mjeri na pr. milimetrima, daje nam naša slika $AC' = 21 \text{ mm}$ $AC = 55,5 \text{ mm}$

$$N_R = 240 \cdot \frac{21}{55,5} = 91,0 \text{ vata}$$

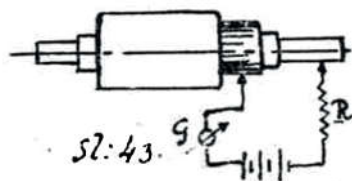
Na isti način možemo sa slički broj okreta odrediti gubitak zbog trenja N_R . Točnost je ovjerna o točnosti konstrukcije CD i $C'D'$.

7.) Prosudivanje komutacije.

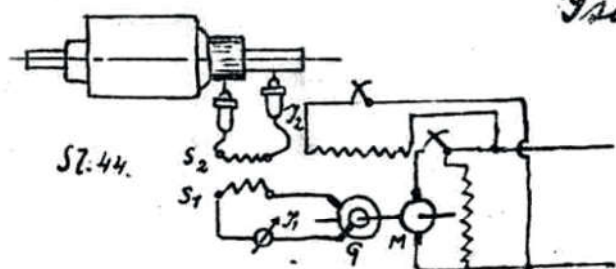
Vidi IV. - 4.

8.) Ispitivanje spoja s tijelom.

a.) Vratimpruom strujom. Spoj je sliči 43.



Na isti način može se ispitati izolaciju posjedivih svitaka armature prije montiranja kolektora
/! Grave za ispitivanje izolacije (Isol. Prüfer.)



b.) Vratimpruom strujom

Sekundarni namotaj malog transformatora spoji se po sliči 44. Primarni svitak S_1 spojen je sa

malenim generatorom, što ga tjera motor M .

Pomoću regulacije broja tura te primarnog napona može se postići kojegod vrijednost sekundarnog napona. Ako je u izolaciji u redu ostane primarna struja I_1 npr. jednaka neopterećenoj struji. Šeće li kroz svitak S_2 struja tj. nije izolacija u redu, pojaća se struja I_1 . Umjesto struje I_1 može se mjeriti također napon sekundarnog svitka. Dok nema spoja frikarni voltmetar na krajevima sekundarnog svitka pokazuje napon, koji padne, ako izolacija nije u redu, jer šeće struja.

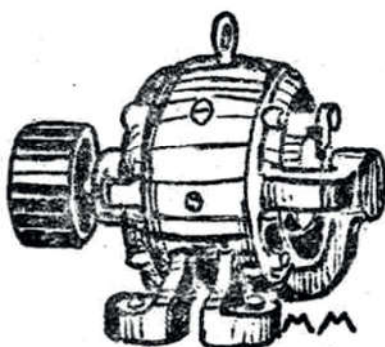
Po predavanjima g. prof. M. Plohla.

J A K A S T R U J A I.

/ Istosmjerna struja. /

Svezak V.

S T R O J E V I I N J I H O V P R O R A Č U N.



I. Izdanje.

Izdalo Udruženje slušača tehničkog fakulteta
u Zagrebu.

- 1927. -

1. Gubitci u željezu.

Gubitci u željezu nastanu kod okretanja armature u magnetskom polju, te postoje iz gubitaka histerese N_h te gubitaka vrtložnim strujama N_v .

Za gubitke histerese imali smo Steinmetz-ovu jednadžbu, / vidi I-1:

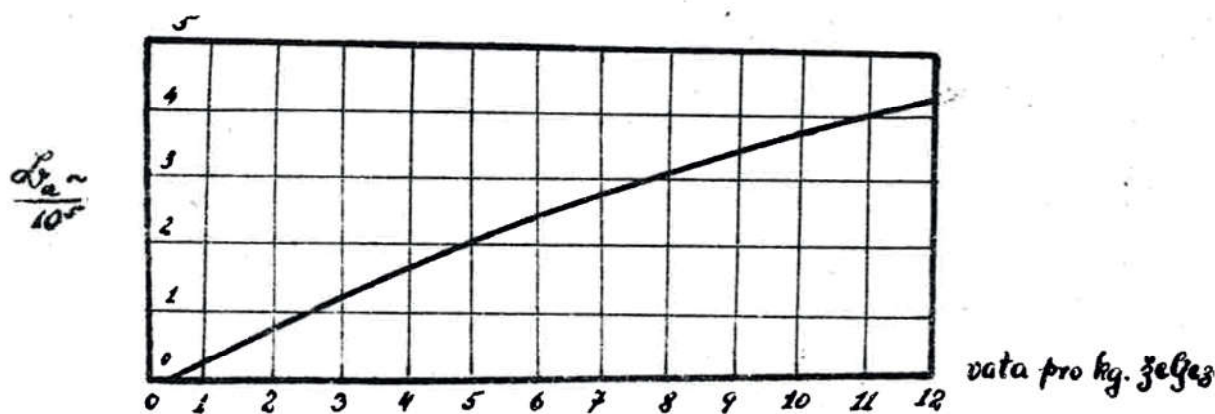
$$N_h = \frac{7 \cdot L^{1,6} V \cdot \nu}{10^7} \text{ vata} = 7 L^{1,6} \frac{G \cdot \nu}{7,8 \cdot 10^4} \text{ vata. (1)}$$

Do $L = 10000$ Gausa odgovaraju ove jednadžbe približno točno, iznad 10000 Gausa daju nam prevelike vrijednosti.

Vrtložne struje, nastanu u limu armature, u svorniku, u lamelama kolektora, u stopalu, osobito na rubu; da se ovaj gubitak što jače umanjuje prave se stopala iz lima ili lijevanog željeza, jer je spec. otpor lijevanog željeza bitno veći nego čelika ili lima.

Izračunavanje gubitaka vrtložnim strujama je tako netačno, da se obično upotrebi ili krivulje, koje odgovaraju velikom broju izvrsnih strojeva te sadržavaju gubitke histerese i vrtložnih struja, ili se gubitke odredi pomoću specifičnog gubitka dotičnog materijala.

Krivulja iz slike 1 daje gubitke u vatima na kg željeza armature. Kao prvi ordinata $\frac{L \cdot \nu}{10^5}$, to je indukcija u željezu armature za puta broj perioda ν kroz 10^5 , debljina lima 0,5 mm. Za armaturu je dostatno, ako se uzme lim debljine 0,5. Kod većeg broja perioda je ugodno odabrati lim debljine 0,3 mm.



Sl. 1

U konačnom rezultatu, ima se veoma malene razlike, koji su bez ikakvog upliva, ako se odredi gubitke, te ih kako spomenuto, izračuna pomoću specifičnog gubitka σ , kojega se odredi posebnom sprovom (Eppstein) pomoću izmjenične struje i to u vatima za kg onog materijala koji dolazi u obzir.

Najprije se odredi broj perioda t.j.

$$\nu = \frac{p \cdot n}{60} \quad (2)$$

onda težinu jezgre armature

$$G_u = \pi (D_a - h) \cdot K_2 \cdot h \cdot l \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad (3)$$

i zubova

$$G_z = z \cdot K_2 \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} l_z \cdot l \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad (4)$$

D_a promjer jezgre armature (od dna do dna, utora)

h visina jezgre

K_2 faktor radi izolacije = 0,85 ÷ 0,9.

l dužina armature bez raspona za kraćenje

z broj utora (zubova)

z_1, z_2 širina zuba na glavi i korjenu

l_z dužina zuba ili dubina utora.

γ_x krivulja za spec. gubitke $f(\sigma, L)$ slike

2 ÷ 6 dotiče se sa izračunanim brojem ν i

sa debljinom za pojedine indukcije B_a B_z ,

B_{z1} B_{z2} $B_{z \text{ sred.}}$ specifične gubitke P_a P_{z1} P_{z2} $P_{z \text{ sred.}}$

za zube vnijedi onda

$$B_z = \frac{B_{z1} + 4B_{z1red} + B_{z2}}{6}$$

(5)

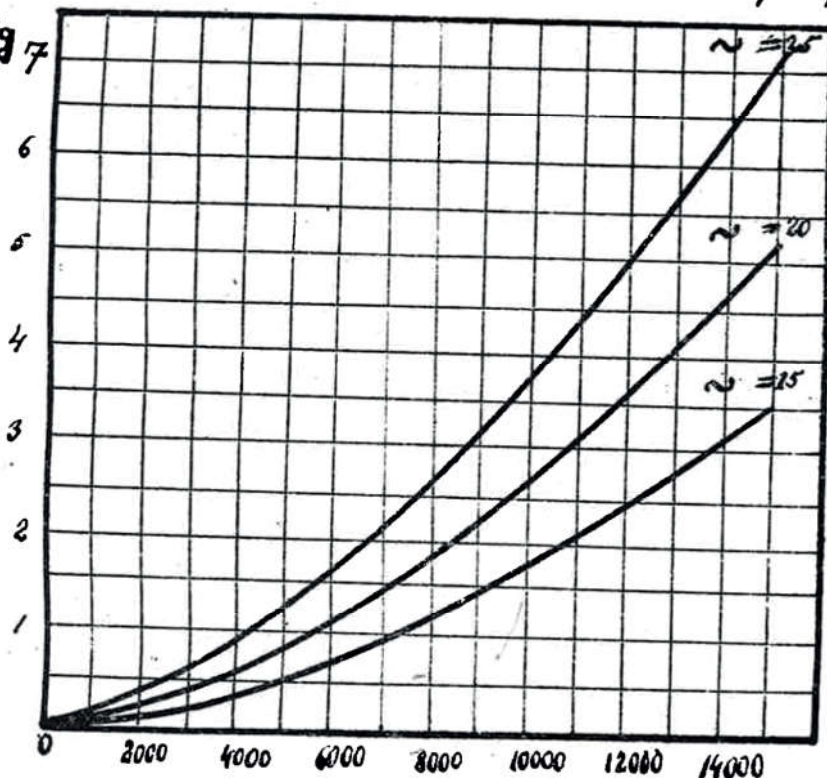
totalni gubitak u željezu

$$W_{kv} = (1,2 \div 2) \cdot (G_a B_a + G_z B_z) \cdot 10^{-3} \text{ k vata} \quad (6)$$

faktor 1,2 ÷ 2 uračunava dodatne gubitke prozračene od promjene indukcije kod opterećenja, dalje gubitke radi nepotpune izolacije pojedinih ploča na rubu i t.d.

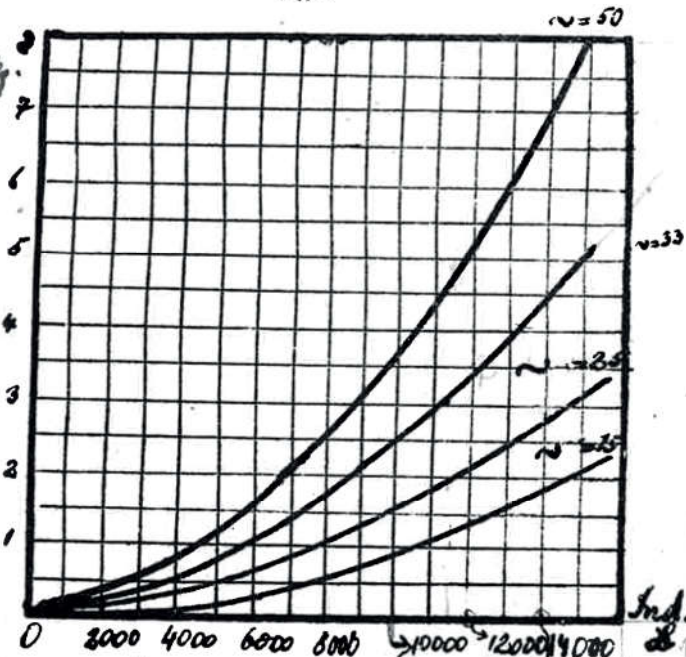
Obični lim debljine 1 mm.

vata/kg



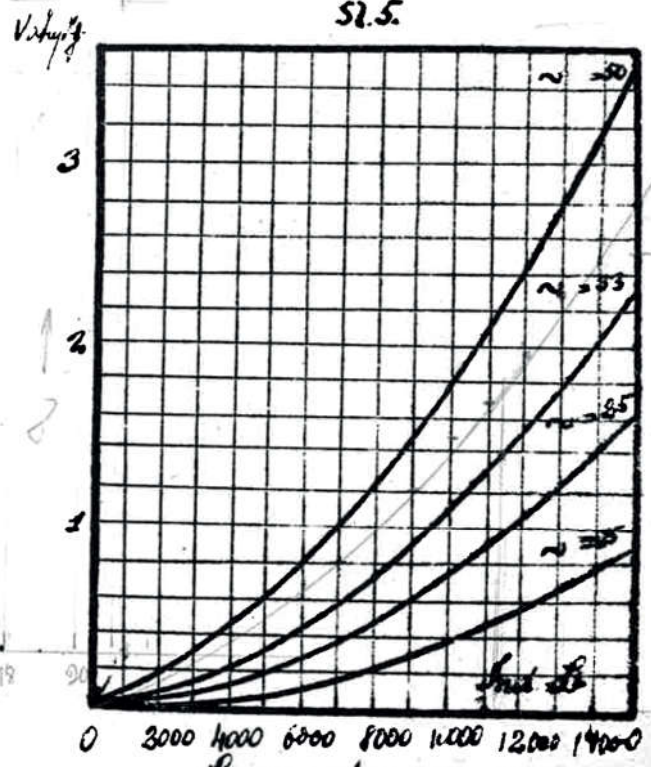
SL.2.

SL.3

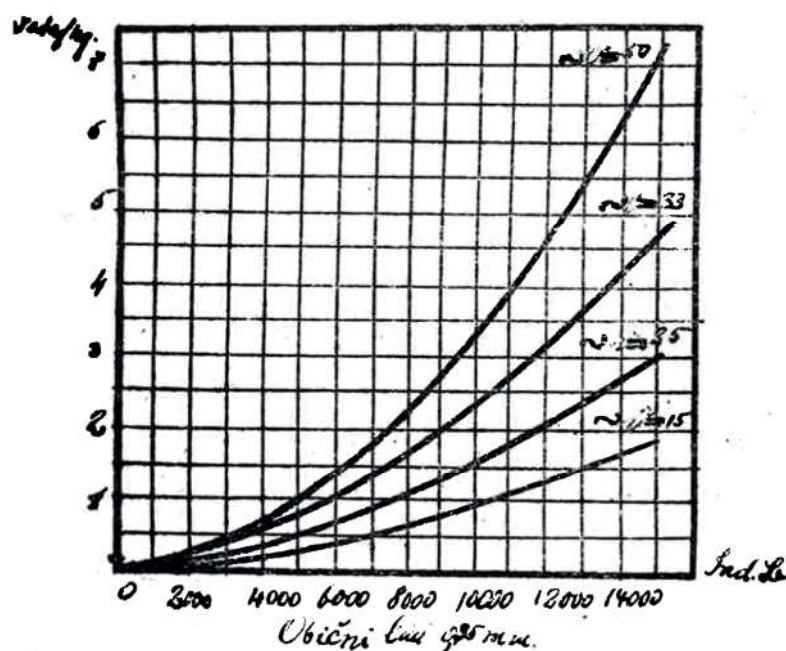


Obični lim 0,5 mm.

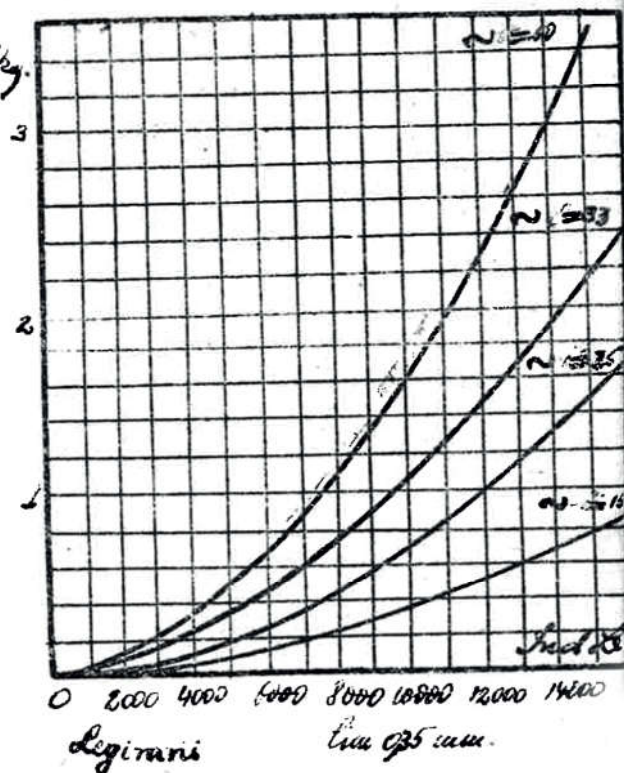
SL.5



Sl. 4.



Sl. 5.



2. Gubici u bakru.

a. Namotaj:

znaci li

$$l_a \approx l_g + 1,4l + 5 \text{ cm} \quad (7)$$

dužinu jednog štapa, ako uočimo namo pripadajuću polovicu čeonih spojka (dakle polovica jednog xavoja)

Δt_{ra} nadtemperaturu (iznad 15°C) onda je po jed.

$$R_a = \frac{\rho \cdot l_a}{(2a)^2 \cdot q} \quad \text{/vidi/} \quad \text{/otpor armature}$$

$$R_a = \frac{x}{4a^2} \cdot \frac{l_a (1 + \alpha \cdot \Delta t_{ra})}{5700 \cdot q_a} \quad (8)$$

5700 sledi iz spec. otpora $\rho = 0,0175 / (1 + 0,004 \Delta t_{ra}) = \frac{1 + 0,004 \Delta t_{ra}}{57} \Omega \text{ na } \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$. Pretvorimo dužinu

u cm moramo 57 množiti sa 100. $\alpha = 0,004$.

Opadaće napona je $I_a R_a$ Volt gubitak dakle

$$N_{Ra} = I_a^2 \cdot R_a \cdot 10^{-3} \text{ Kwata.} \quad (9)$$

b. Napetosti.

znaci li na glavni pol odn. pomoćni pol /indeksi s serijski, indeksi u naredni namotaj/

$l_{s \text{ sred}}, l_{p \text{ sred}}$ srednji dužini xavoja u cm
 Q_s, Q_p presjek svih žica paralelnih
jednog xavoja.
 $\Delta N_{rs}, \Delta N_{rp}$ ugrizanje nad $15^\circ C$
 w_s, w_p broj xavoja na jednom magnetskom
onda imamo za serijski (S) namotaj i pomnožimo
polove (p)

Otpor

$$R_s = 2p \cdot w_s \cdot l_{s \text{ sred}} \cdot \frac{1 + 0,004 \Delta N_{rs}}{5700 Q_s} \Omega \quad (10)$$

$$R_p = 2p \cdot w_p \cdot l_{p \text{ sred}} \cdot \frac{1 + 0,004 \Delta N_{rp}}{5700 Q_p} \Omega \quad (11)$$

odm gubitak

$$N_{R_s} = I_s^2 \cdot R_s \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (12)$$

$$N_{R_p} = I_p^2 \cdot R_p \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (13)$$

Za poredni namotaj:

$$R_n = 2p \cdot w_n \cdot l_{n \text{ sred}} \cdot \frac{1 + 0,004 \Delta N_{rn}}{5700 Q_n} \Omega \quad (14)$$

$$N_{R_n} = I_n^2 \cdot R_n \cdot 10^{-3} \text{ K vata} =$$

$$= U \cdot I_n \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (15)$$

/K napon sterajka/

c. Komutator

Ako je R_u prelazni otpor, onda je prelazni gubitak

$$N_u = I_a^2 \cdot R_u \cdot 10^{-3} = 2 \cdot I_a \cdot e_u \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (16)$$

/e_u vidi IV-

Označuje li:

$p_b = 0,2 \div 0,3 \text{ kg/cm}^2$ specifični pritisak kefice

$\mu_b = 0,2 \div 0,3$ broj treznja uzgjenih kefice na kolektoru / koeficijent treznja za bakrene kefice

$\mu_b = 0,3$, za uzgjene obično 0,227:/

F_b ploština doticanja svih kefice jednog svornika /cm²/

v_k obodna brzina kolektora u m/sec, onda vrijedi, ako imamo 2p svornika:

$$N_b = 9,81 \mu_b \cdot 2p \cdot F_b \cdot p_b \cdot v_k \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (17)$$

Totalni gubitak prema tome

$$N_k = N_u + N_b \quad (18)$$

3. Gubitak u ležaju i xratku.

Znači li:

P pritisak na ležaj - kg -

D_z promjer čepa - cm -

L_z dužina čepa - cm -

μ_z broj (koeficijent) trenja

$p_z = \frac{P}{D_z \cdot L_z} < 40 \text{ kg/cm}^2$ specif. tlak na ležaj

onda je $p_z \cdot \mu_z \approx 0,046$ konstantno.

Gubitak radi trenja:

$$N_g = 9,81 \cdot p_z \cdot \mu_z \cdot D_z^2 \cdot L_z \cdot \frac{\pi n}{6000} \cdot 10^{-3} \text{ kvata} \quad (19)$$

Za xraćenje račun na se kod brzine $v \leq 30$ m/sk dodatak od 10-30% tako da je totalni mehanički gubitak

$$N_m = (1,1 \div 1,3) N_g \quad (20)$$

Ako je $p_z \cdot \mu_z < 15$ nije potrebno hladiti čepove. Uopće je

$N_m = 3 \div 0,5$ % predanog, korisnog djelovanja N .

Uzmemo sve gubitke u obzir dobijemo konačno stepen djelovanja

$$\eta = \frac{N}{N_g} = \frac{N}{N + N_v + N_{Ra} + N_{Rs} + N_{Rp} + N_{Rn} + N_k + N_m} \quad (21)$$

4. Ugrijavanje.

a. Armatura.

Ugrijavanje armature slijedi iz empir. jednačine

$$\Delta t_{ra} = \frac{C N_a}{0(1 + 0,1v)} \quad (22)$$

u kojoj je uvaćena ventilacija radi okretanja,

v je obodna brzina u m/sec, N_a čitava dovedena toplina t.j. toplina histerese, vrtložnih struja i Joule-ova toplina.

$$N_a = N_{rv} + N_{ra} \text{ u vatima} \quad (23)$$

O je površina hlađenja u cm^2 , C je konstantna veličina ovisna o konstrukciji. Za otvorene strojeve je $C = 400 \div 550$. Površinu O tvore plašt i čela. Ako armatura imađe raspore za hlađenje, računa se svaki ~~od~~ ^{od} raspored kao jedna ploština. Kod većih armatura računa se unutarnja površina $\pi \cdot D_o \cdot l$.

l dužina armature bez rasporeda / Prema tome vrijedi:

$$O = \pi \cdot D_o \cdot l + \frac{\pi D_o^2}{2} + \text{rasporedi za hlađenje} + \pi \cdot D_o \cdot l \quad (24)$$

Da se izbjegova poteškoćama u izračunavanju površine O , izračuna se O po Habbarth-ovoj jednačini:

$$O = \pi D_o (l + 0,7 l) \text{ cm}^2 \quad (25)$$

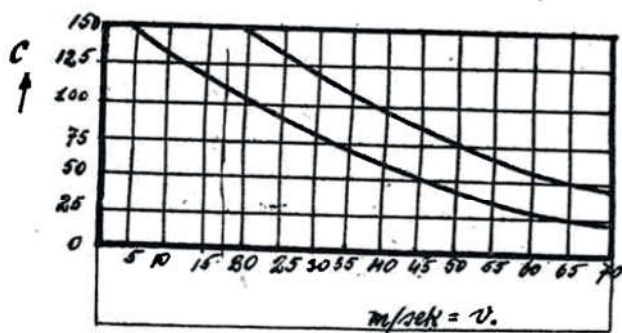
te povišenje temperature po jednu.

$$\Delta t_{ra} = \frac{N_a}{O} \cdot C \quad / N_a \text{ u vatima} / \quad (26)$$

C slijedi iz slike 7 u ovisnosti o brzini u

m/sec; donja krivulja vrijedi za veoma dobro ventilirane strojeve, gornja za normalno ventilirane.

Povišenje temperature mjeri se pomoću termometra, kojega se položi na armaturu. Po propisu neka ne prekorači povišenje 50°C . Tvrtnke uzimaju za normalno opterećenje (trajno opterećenje) $\Delta t_{ra} = 40^\circ\text{C}$.



Sl. 7.

6. Magneti

Ugrijanje provrnoće gubici u magnetu N_{re} , mjereni u vatima. Povišenje temperature sledi iz

$$\Delta N_{re} = C \cdot \frac{N_{re}}{\theta} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (27)$$

Za konst. faktor C vrijedi:

- $C = 450 - 500$ savim otvoreni strojevi
 $550 - 650$ strojevi sa ležajem, pričvršćenim na ostolci (Lorenzovskijet)
 $700 - 750$ polu zatvoreni strojevi

Površinu tvori plati i jedna strana (gornja ili donja) namotaja.

Povišenje ΔN_{re} ne smije kod namotaja, koji se ne miču - izolacija iz pamuka - prekoračiti 60°C . Ugrijanje odredi se promjenom otpora označuju li:

R_0 otpor namotaja u hladuom stanju

R_t otpor namotaja u toplom, onda vrijedi:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta N_{re}) \text{ odnosno } \Delta N_{re} = \frac{R_t - R_0}{\alpha \cdot R_0} \quad \alpha = 0,004 \quad (28)$$

Ugrijanje kutije može se kod zatvorenih strojeva računati po jednačiji:

$$\Delta t_g = \frac{2200 N_{vg} \cdot 10^3}{(0,9 + 8 F_g)(1 + 0,1 v_g)} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (29)$$

N_{vg} suma svih gubitaka (u kW), koji prolaze kao toplina kroz kutiju.

O_g prosta površina za hlađenje (cm^2)

F_g presjeci kutije koji odvođe toplinu

v_g relativna brzina zraka naprama kutiji

Uopće je djelovanje zatvorenog stroja 70-75% otvorenoga, ako se uzme za granicu isto ugrijanje.

c komutator. Povišuje temp. računa se po jednadžbi:
$$\Delta t_K = \frac{(120-150)N_K}{\pi \cdot D_K \cdot l_K (1+0,1v_K)} \quad (\text{jedn. } 18) \quad (30)$$

D_K promjer kolektora (cm)
 l_K dužina kolektora (cm)
 v_K obodna brzina m/sek
 Granica povišaja kod običnih strojeva je 60°C , kod motora za željeznice 80°C . Čim manje povišaje tim pogodnije za komutator. Prema tome težiti na što nižu temp.

d. čepovi i ležaj.

Oznacuje li:
 β_0 konst. faktor ulja 1:2,4 ÷ 2,8/
 β_z " " ležaja: 25:30 za $v_z \leq 5$ m/sek
 60:80 " $v_z = 10 \div 20$ "

ovisan o konstrukciji ležaja

v_z brzina čepa u m/sek

t_z temp. zraka

t_z temp. (ne povišavaju) čepa

$$t_z = t_z + \sqrt{t_z + 12,5 \beta_0 \beta_z v_z^{3/2}} \quad (31)$$

Dolije se rezultat $t_z \geq 60^\circ\text{C}$ mora se na-
 činiti umjetno hlađenje čepa. Vidi sub 3.

5. Proračun čvrstoće.

a. Osovina.

Radi propisa (Vieringering)
 f osovine i to zbog težine armature, kolektora
 i namotaja dolazi još dodatna jednostrana

magnetična vlačna sila P_m u obrir. Za jedan jedini pol površine $F = b \cdot l$ te indukcije u xroku L_z bila bi sila po jedm. I -

$$P = \frac{F \cdot L_z^2}{8\pi \cdot 9,81} \cdot 10^{-5} \approx 4 \cdot F \cdot L_z^2 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \quad (32)$$

Imamo 2p polova, onda ima polovica p obrirrom na manji raspor veću vlačnu silu

$$P_1 = p \cdot P \cdot \frac{\delta}{\delta - f} \quad (33)$$

druga polovica manju silu

$$P_2 = p \cdot P \cdot \frac{\delta}{\delta + f} \quad (34)$$

jer tvorí progib f razliku između raspona gore i dole.

Iz ove razlike rezultira jednodrorna sila

$$P_m = K_f (P_1 - P_2) = K_f \cdot p \cdot P \cdot \frac{2f\delta}{\delta^2(1 - \frac{f^2}{\delta^2})} \quad (35)$$

faktor $K_f < 1$ uračunava (urima u obrir), da se sve p polove jedne strane jednoliko promjenio raspor δ za progib f .

Postavimo $\frac{K_f}{(1 - \frac{f^2}{\delta^2})} \approx 1$ dobijemo

$$P_m = p \cdot P \cdot \frac{2f}{\delta} = 8p \cdot F \cdot L_z^2 \cdot \frac{f}{\delta} \cdot 10^{-8} \text{ kg} \quad (36)$$

Umetnemo u ovu jednadžbu

$$F \cdot L_z = \Phi = \frac{E_a \cdot 10^8}{\frac{2}{\pi} \cdot \frac{p \cdot n}{60}}$$

te raširimo sa γ te πD , dobijemo u brojniku produkt

$\gamma \cdot E_a = N$ | djelovanje u kvatima |, u nazivniku prod.

$\frac{2 \cdot \gamma}{\pi D} = AS$. Prema tome rezultira obrirrom na $\frac{n \pi D}{60} =$

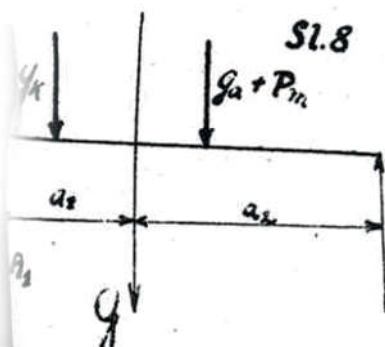
$= N \cdot 10^{-2} \text{ m}$

$$P_m = \frac{40 \cdot N \cdot L_z \cdot f}{AS \cdot N \cdot \delta} \text{ kg} \quad (37)$$

Iz težine G_A armature, vlačne sile P_m i težine komutatora G_K odredimo pritisk na ležaj A_1 i A_2 - sl. 8 - onda odredimo $G = G_A + G_K + P_m$ u udaljenosti a_1 odnosno a_2 i dobijemo progib

$$f = G \cdot \frac{a_1^2 \cdot a_2^2}{3(a_1 + a_2) E_w \cdot \gamma_w} \text{ cm} \quad (38)$$

E_w modul elastičnosti



namotaji magneta imaju dostatan površinu za hlađenje. Ako se je odabralo prostora previše ili premalo, može se poslije proračuna namotaja sistem popraviti:

Jednadžba (95) možemo pisati

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

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

Tr ovih se jednadžba može poslije određenog namotaja armature približno izračunati broj AZ za jedan magnetski krug. Zamislimo si namotaj od jednog jedinog ravoja, sa gustoćom (δ_m), onda je potreban totalni presjek bakra

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

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:

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

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

Faktor napune (f_K) za namotaj uvrđenja / dva puta parnim omotano žica : / ima sljedeće vrijednosti:

Žoli promjer	$d = 0,5$	$1,0$	$2,0$	$3,0$	$4,0$	$5,0$	mm
izolirani "	$d' = 0,7$	$1,3$	$2,4$	$3,4$	$4,5$	$5,5$	mm
$f_K = 0,785 \frac{d^2}{d'^2}$	$= 0,40 \quad 0,66 \quad 0,55 \quad 0,61 \quad 0,62 \quad 0,65$						

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

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

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

Proračun uveličanja - vidi III-4.

akoje (I_m) struja, (q_m) presjek u mm², (l_m) srednja dužina jednog ravoja u cm, (w_m) broj svih porednih ravoja, (R_m) otpor namotaja, (AW_z) totalni broj AZ, onda vrijedi:

za neopterećeni kret $AW_{z0} = p \cdot AW_z$ (107)

za opterećeni kret $AW_z = p \cdot AW_z$

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 steroljkama

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

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 ravoja, akoje zadani napon steroljka (U), srednja dužina (l_m), dok je ovisan samo o presjeku (q_m). Prema tome, akoje broj (AW_z) pre malen, nema smisla povećati broj ravoja. (AW_z) se može povećati samo povećanjem presjeka.

Da se može postići tok (ϕ_0) sigurno nešto prekoračiti, uzima 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 razokreći prema gore na obični presjek. Ako izračunani presjek ima presre, liku razliku prema običnome, može se dva presjeka paralelno spojiti. Onda mora biti:

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

ako se uzeo za presjek $(z_{m1})-(w_m)$ ravoja, za presjek $(z_{m2})-(w_{m2})$ ravoja.

Teretna bakra sledi je

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

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

U jednadžbe (108) sledi gubitak u W:

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

t. j.: kod zadanog broja (AW) i kod zadane srednje dužine, ovisan je gubitak (N_m) samo o gustoći struje (G_m). Ovak je gubitak malen, osobito kod velikih strojeva, prema tome se odabere gustoća takve veličine, koliko to odgovara i dozvoljava porizenje temperature. Gustoća struje leži u granicama

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

Kod dobro ventiliranih vitaka može se uzeti $G_m > 2,2$.

Najbolje je najprije odabrati si (G_m), a onda se dolazi

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

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

Za normalni teret, uz normalnu struju magnetiziranja (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 preskočiti.

Za neopterećeni kret je struja u prednom sklopu

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

ili 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 uticaj promjene broja

okretaja na napon steraljka, napravi se otpor ka
pred kapčanje i regulaciju:

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

Serijski namotaj:

(W_n) je totalni broj serijskih zavoja, (I_n) je jakost struje; onda mora biti:

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

te, dalje,

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

Gustoća se struje može izračunati iz jednačine

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

ako se zna ra gubitak (N_m) u W , te srednju dužinu (z_n) . Ovisno 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

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

Svitke 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 posrednih AZ za sve terete jednak broju ^{ovih} neopterećenog kruga, t.j.

$$I_m \cdot W_m = A W_{t0} \quad (126)$$

Serijski zavoji punog tereta određeni su sa

$$I_n \cdot W_n = A W_t - A W_{t0} \quad (127)$$

Prematomo vrijedi

$$z_m = \frac{(1 + 0,004 \cdot T_m) \cdot I_m \cdot A W_{t0}}{5700 \cdot U} ; \quad I_m = \frac{z_m}{\sigma_m} ; \quad W_m = \frac{A W_{t0}}{I_m} \quad (128)$$

$$W_n = \frac{A W_t - A W_{t0}}{I_n} ; \quad z_n = \frac{I_n}{\sigma_n} \quad (129)$$

Kod nadkompandiranja raste napon steraljke sa teretom, $(I_n \cdot W_n)$ dakle nije konstantno. U ovom se slučaju izračuna najprije iz jednadžbe $(I_n \cdot W_n = AW_{z0})$ predni namotaj za neopterećeni kret, i otpor

$$R_n = \frac{(1 + 0.004 \cdot T_n) \cdot l_n}{5700 \cdot q_n} \quad (130)$$

Onda je za koji god veći napon steraljke (u) predni broj AZ

$$AW_n = \frac{u}{R_n} \cdot W_n \quad (131)$$

ako se izračuna sa maksimalni napon pumo opte., rećenog stroja totalni broj (AW_{zmax}) , onda mora biti

$$W_n = \frac{AW_{zmax} - AW_n}{I_n} \quad (132)$$

Ispitivanje kompandacije vidi

Tačno izračunati kompandiranje se ne može. Ovdje treba praviti pokuse, da se vidi, je li je kompandiranje pravilno. Kod strojeva sa malim presjekom serijskog namotaja, može se zavoj dodati ili odneti (odneti), kod većih presjeka je zgodnije napraviti paralelni sklop, jer se ovim može također za vrijeme pogona kompandiranje regulirati. Po predni namotaj dolije skromnijih regulator, jer ne ostane u pogonu - radi ugrizanja - predni 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 različite djelove, i aksonočni skupni cjelino. Jedan dio toga polja proizvode magnetizirajuće polje, uzdužne AZ, koji li se dio zatvorio kroz glavno polje, da ne bi bio kompenziran od jednog broja AZ

na magnetima.

Drugi dio polja proizvede poprečni A2 armature. Taj se dio zatvara kroz stopala armature. U zoni komutacije ima onu intenzitet pojednadrži (III-68):

$$L_2 = 2 \cdot l_2 \cdot AS$$

(l_2) je dakle vodljivost, koja pripada ovom polju konstantne veličine 1: dok je struja u armaturi konstantna i konstantnog smjera.

Konačno se preostali dio polja armature sastoji iz polja utora, „kojima leže vodiči, koji promijene predznak struje za vrijeme komutacije, te iz polja čeonih spojaka. Ova se polja uzmim u obzir sa vodljivošću (l_m) i (l_s).

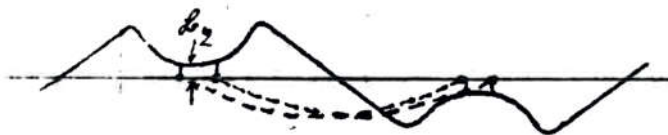
Poprečno se dakle polje može izračunati po jednadžbi

$$L_2 = 2 \cdot l_2 \cdot AS \quad (133)$$

$$l_2 = \frac{\frac{r_p}{2} - p - b_c}{1,6 \cdot f_x} + \frac{\frac{r}{2} + p + b_c}{1,6 \cdot x \cdot f} = 1,2 \cdot r \quad (134)$$

- vidi: III-jedn. (68) i (69).

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

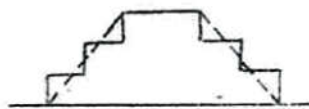


Sl. 12.

jednim parom polova. U geometrijski neutralnoj zoni je poprečno polje (L_2) skoro konstantno, dok raste približno

strmo od početka do kraja zone komutiranja - kod stroja bez pomoćnih polova, ako su kefice odnosa, kune.

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 spo.,
jenom svitku EMS, koja nije kon-
stantna, već ima oblik kao polje
slike (13). Srednju vrijednost ovog
polja označili smo sa (L_m) te smo
za ovo polje dohili vrijednost - IV.
jedn. 47. -

$$L_m = 2 \cdot AS \cdot \lambda_N \cdot \psi \quad (135)$$

$$\psi = \frac{z_1}{z_1 + b_2 + [\epsilon_k - (1 + pw) \frac{a}{p}] \beta_n} = \frac{z_1}{b_k} \quad (136)$$

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

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N + \frac{e_2}{K_2} \cdot \frac{AS}{A} \text{ Gaussa} \quad (137)$$

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

$$L_K = 2 \cdot AS \cdot \psi \cdot \lambda_N + \frac{2 \cdot e_2}{K_2} \cdot \frac{AS}{A} \text{ Gaussa} \quad (138)$$

Za ravnu komutaciju (- po pravcu) vrijedi:

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

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

(λ_N) je odredi pojedn. (III-83):

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

Za izračunavanje pojedinih sumanda ove jedna-
dže vrijedi:

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

$$\text{III-72, 73, a) i b), z. j. bez kom. pol. - sl. III-50} \quad \lambda_K = 0,92 \cdot \log \frac{n \cdot z_1}{n_1} \quad (142)$$

$$\text{za poin. pol.} \quad b_w \approx 2 \cdot z_1 \quad \lambda_{Kw} = \frac{1,25 \cdot b_w}{4 \cdot d_w \cdot K_1} \quad (143)$$

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

$$b_w > 2t_1 \quad \lambda_{kw} = \frac{t_1}{2 \cdot \delta_w \cdot K_1} \quad (145)$$

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

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

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

$$L_K' = 2 \cdot AS \left[\psi (\lambda_n + \lambda_{kw} + \lambda_s) \frac{z_A}{z_{pw}} + \lambda_{z_0} \frac{z_A - z_{pw}}{z_{pw}} + \frac{e_b}{2 \pi_b \cdot A} \right] \quad (147)$$

(λ_{z_0}) je vodljivost poprečnog polja za keficu u neut. zoni.

Ispitivanje komutacije, stroj bez pomoćnih polova.

Imamo li kefice u neutrahnoj zoni (kao što se to dešava kod motora, koji se okreću na obe strane:), onda je napon (e_K) /: IV, jedn. 43:/

$$e_{K_0} = 2 \cdot K_b \cdot \frac{p}{a} \cdot A (\psi \cdot \lambda_n + \lambda_{z_0}) \leq 10 \text{ V - za motore} \quad (148)$$

$$\leq 8 \text{ V - za gener.}$$

Oduzaknimo kefice iz neutrahne zone toliko, da ovaj položaj odgovara polovini tereta, onda imamo ra puni teret i neopterećeni kiet isto nepravilno polje, samo što je suprotnog predznaka:

$$e_K = K_b \cdot \frac{p}{a} \cdot A (\psi \cdot \lambda_n + \lambda_{z_0}) \leq 8 \text{ V - za motore} \quad (149)$$

$$\leq 5 \text{ V - za gener.}$$

Zašćeni šiljci polnih stopala i faktor napune (λ_z) nemaju velikog upлива na srednju vodljivost poprečnog polja (λ_{z_0}) u najugodnijoj zoni komutiranja. Što je veći broj AZ za raspor, zubove, šiljke 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):

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

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

Dalje vrijedi : IV. jedn. 41.1

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

odnosno, ako kefica pokriva više lamela : IV. jedn. 41.2 :

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

I. srednja vrijednost od (λ_n) : $\lambda_n = 4 \div 6$ Maxwella :/. Za kommutaciju bez iskara mora biti :

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

$e_s = 3,7 \text{ V}$ 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 kefice moraju ostati u neutralnoj zoni, položaj

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

Da li polja utora prelazila po mogućnosti jednoliko, napravi se

$$\frac{2 \cdot \beta_2}{\beta_1}, 2 \epsilon_K, \frac{\beta_2 + \epsilon_K \cdot \beta_1}{\beta_1} \text{ — cijeli brojevi} \quad (153)$$

$$\epsilon_1 \neq \beta_1 \quad (154)$$

ako je $\kappa_b = \frac{\beta_2}{\beta} = \frac{\text{širina kefice}}{\text{širina lamela}}$: IV. jedn. 20.1/ onda je napon iskrenja :

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

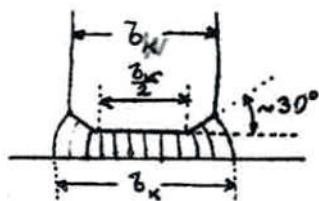
$$e_f' = e_K - e_s < 5 \div 7 \text{ V} \quad (156)$$

Konačno imademo još napon prelaza (e_K), t.j. napon među keficom i lamelom. Ako lokalna gustoća struje nije na čitavoj površini kefice srida jednaka, onda imademo osim napona kefice (e_s) još dodatno opadanje : IV - 50.1

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

Strojevi sa pomoćnim polovima.

Potrebno polje komutacije daje nam jedna, dvjela 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, načini se rubove stopala naginute, na pr. po slici (14). Raspor



St. 14.

(d_w) nesmije biti premalen /: ako je veći od raspore glavnog pola onda ~ 2 puta veći /: da ne bude prevelikih pulzacija 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.

Pulzacije se može sapriječiti, ako se $3 \div 5$ mm debeli list iz bakra položi pod stopalo pomoćnog pola. Ovakve su ploče ra komutacije 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 odvodu kolektora, i to osobito onda ako stroj radi sa velikim (AS). Navedeni dijelovi kofice u krugu pomoćnog pola prouzroče vitlosne struje kod promjene obratnog toka tako, da odgađaju porast polja komutacije - jako ugrožavaju. Polje armature ima slično maleno prigušenje tako, da se ovo polje sa rastućom strujom vrlo brzo promijeni. Prema tome nastane kod n- ili ir- kopiranja punog tereta, kod stoga sa masivnim pomoćnim polom i jakim, srednja EMS među rubovima kofice /: t.j. u kratko spojenim svitcima /: srednje veličine /: b_s = širina kofice /:

$$e_k \approx \frac{b_s}{\rho} \cdot \frac{\mu}{a} \cdot \frac{2}{k} \cdot 7 \cdot v \cdot L_k \cdot 10^{-6} \text{ V}, \quad (158)$$

te maksimalne vrijednosti

$$e_{k \max} = \frac{f_s}{f_m} \cdot e_k \quad (159)$$

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

Vatra na odvodu kolektora počinje kod napona od približno

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

ako se želi ovi vatru sprečiti, nesmije (e_k) preko, računati 10 V. Ova napetost neka normalno ne isnaša više od 7,5 V. Uopće je: $f_m = 40 \div 42$; $f_s = 41 \div 46$. (L_k) se odredi po jednadžbi (188 ÷ 190), odnosno po (198). Za ($e_{k \max}$)

postane maleno, načini se stopala pomoćnih polova iste dužine kao i stopala glavnih polova, te se odabere $(A, \lambda, \frac{I_s}{I_m})$, te broj kratko spojenih vitaka (S_k) ne prevelik. Uz veliku navolaku (AS), može se napraviti na jezgri glavnih magneta udužni zavoj, da se tako smanji poprečni tok, te, dalje, da se krajevi stopala jače namagnu. Kod teških pulisnih komutacije mora se uvesti kompenzacioni namotaj, te eventualno napraviti magnetski krug pomoćnih polova iz lameliranog željeza, radi toga, da li polje komutacije što brže slijedi polje armature.

Namotaj komutirnih polova.

Kada se zna potrebno polje komutacije, te kada se odredilo oblik stopala, ota se pomoćni pol. Jergra pola mora biti mnogo manja nego stopala, koje se radi uvijek jednako dužini armature. ~~je~~ je kraća jergra pomoćnog pola, tim je manje rasipanje i gub. du pomoćnog i glavnog pola. Ali kod toga presjek je, jergre nemije biti tako malen, da dođe kod najvećeg tereta do rasipanja, jer li u tom slučaju stroj već kod punog tereta radio u pod-komutaciji.

Dužina jergre uzmemo se $\frac{2}{3} \div \frac{3}{4}$ dužine stopala, te se jergru prema jarumu nešto deblje uvede. Ako se namotalo pomoćne polove, onda se izračuna rasipanje i: vidi III - 13 c/, te se ispita, da li je presjek dovoljan. Tok rasipanja je $3 \div 5$ puta veći nego korisni tok, koji ulazi u površinu armature.

$$\phi_a = l_w \cdot b_k \cdot L_k \quad (161)$$

l_w = dužina - , b_k = širina - jergre.

a) trojevi bez kompenzacionog namotaja

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

djelovinu rasiceenje nemije biti takveliko, da li oni tolori došli u obzir. Dakle moramo računati sa AZ na jezgu pomoćnog pola, na raspo i kube armature. Uvima 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

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

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

(B_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 jednadži (102) i računajući broj AZ mora odgo, varati jednadžbi (165).

Ako strojima samo polovinu pomoćnih polova, ra, toni se obratni tok kroz glavne polove. U tom se slučaju mora odabrati dostatne mjere stroja, da ne dođe do prevelikog rasiceenja. No uzeti samo polovinu pomoćnih polova se ne isplati.

Zanemarimo li AZ na željeto, moramo onda broj AZ, koje moramo namotati na svaki pol, računati po

$$\frac{1}{2} AW_w \approx \frac{1}{2} \cdot Z_p \cdot AS + 0,8 \cdot K_{1w} \cdot S_w \cdot L_{2w} + 0,8 \cdot K_1 \cdot S \cdot L_{2w} \quad (166)$$

b) Stroj sa kompenzacionim namotajem

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

Ako se kompenzacioni namotaj udesi sa potpuni

kompenzaciji poprečnog polja struje armature i razuma, njevanje dodatnih gubitaka u željeza i bakra armature, mora biti kompenzacioni namotaj izvršen sistim 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 odabere kompenzacioni namotaj tako, da se osigura povoljna komutacija također za veoma oslabljeno polje glavnih magneta, onda je ugodno da se kompenz. cijoni namotaj načini nešto jači, tj.

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

Onda je namotaj pomoćnih polova

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

gdje β_k = širina zone komutiranja :

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

Primer.

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

Proračun se počne sa jednačinom (10): $\frac{D^2 \cdot l \cdot n}{kVA} = \frac{6 \cdot 10^{11}}{a \cdot AS \cdot l_2}$
 Mi odaberemo: $l_2 = 9000$ Gauss-a ; $AS = 245$, $a = 9,68$
 onda je $\frac{D^2 \cdot l \cdot n}{kVA} = \frac{6 \cdot 10^{11}}{9,68 \cdot 245 \cdot 9000} = 40 \cdot 10^4$, koja vrijednost skoro tačno odgovara slici (6). Za 100 kW bit će li struja : $\frac{100000}{440} \approx 228$ A. Da možemo stroj ra-
 ~ 10% opteretiti u minimumu struji od 250 A.

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

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

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

Tabela (V)

D	l	2p	$l_p = \frac{\pi D}{2p}$	$b_i = 968 \cdot l_p$	$\frac{l}{b_i}$	v	$\frac{l_2}{2a} = i_a$	$\frac{2a}{a}$
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

Ovisno na jednu. (22) dodu za ovaj stroj n
 biramo samo promjeri 60 te 65. Mi odaberemo

$D = 60$ cm, prema tome

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

što odgovara tačno slici (6)

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

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

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

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

$$D = 60 \text{ cm}$$

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

$$v = 15,7 \text{ 1/sec}$$

$$2p = 6$$

$$a = 1$$

Postabeli II, I-9, je simetrični namotaj za $p=3$ moguće samo za $u_m=2, 4$ i 8 . Obeirani na jednu (38) odabere

Pokusom dolijemo konačno

$$z=392; \bar{z} = \frac{392}{4} = 98; k=3 = \frac{392}{2} = 196$$

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

Pri korak napravimo - radi zgodnijeg izli, ranja-

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

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

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

(y_k) i (k) nemogu pojediničkog djelitelja; $(y_1)(y_2)$ su lihi brojevi. Radi promjene broja staj, kora promijenilo se linearno opterećenje (AS). Ovo je sada

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

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

Za kontrolu dosadašnjega računa izračunamo konstantu armature (A) i napon lamela sa ne, opterećenim kret (1: jednu. 12, odn. 15:)

$$A = \frac{p}{\alpha} \cdot \frac{z}{k} \cdot 2 \cdot v \cdot AS \cdot 10^{-6} = 32 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot 251 \cdot 10^{-6} = 9,591$$

$$E_{d, k, max} = \frac{p}{\alpha} \cdot \frac{z}{k} \cdot 2 \cdot v \cdot L_2 \cdot 10^{-6} = 32 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot 9000 \cdot 10^{-6} = 21,2 \text{ V}$$

Stroj se drži dozvoljenih granica (1: jednu. 19:), kad koje ne dade u slučaju kratkog spoja u mre, ži do vatre na kolektor. Konačno kontroli, namo još broj nitaka odnosno lamela po jednu. (42), odnosno (81):

$$S = k \geq 0,04 \cdot 2 \cdot \sqrt{E_a} \geq 0,04 \cdot 392 \cdot 11,18 \approx 175 \text{ (1: 196)}$$

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

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

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

Pojedin. (45) je onda $q_a = \frac{125}{5,5} = 22,7 \text{ mm}^2$

Tok (ϕ_b) za opterećeni stajmoćemo sada isračunati. Zamislimo si da je pad napona u armaturi i pomoćnim polovima 3%, onda je za teži potrebna EMS

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

Prema tome vrijedi:

$$\phi_b = E_a \cdot \frac{a}{z} \cdot \frac{60}{p \cdot n} \cdot 10^9 = \frac{455 \cdot 1,60}{392 \cdot 3500} \cdot 10^9 = 4,64 \cdot 10^6 \text{ webera}$$

Dakle li indukcija u sraku za opterećeni krug bila

$$L_2 = \frac{\phi_b}{I_{b2}} = \frac{4,64 \cdot 10^6}{25 \cdot 21,3} = 8710 \text{ Gauss}$$

Proj rasporeda za hladnje odaberemo

Prema tome je po jedu (25) dužina armature

$$n_s = 3$$

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

Razmak utora na glavni zuba: $t_2 = \frac{p \cdot D}{Z_2} = \frac{166,5}{98} = 1,7 \text{ cm}$

$$t_2 = 19,2 \text{ mm}$$

Maksimalnu indukciju u zubu vršimo 22500

Debljina lima /: obični dinamolimi /: za $K_2 = 99$

dobivemo

$$Z_2 = \frac{t_2 \cdot L_2}{K_2 \cdot L_{2, \text{max}}} = \frac{19,2 \cdot 8710}{99 \cdot 22500} = 0,82 \text{ cm}$$

Dubina utora odaberemo najprije po jedu (71)

3,5 cm, onda je razmak utora na dnu

$$t_2 = \frac{p(60-7)}{98} = \frac{166,5}{98} = 1,7 \text{ cm}$$

$$t_2 = 17 \text{ mm}$$

Širina utora bila bi prema tome: $t_2 - Z_2 = 17 - 0,82 = 16,18 \text{ mm}$ /: kor. 16 mm;

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

dobitak k lakom od 4 mm, utare za totalnu širinu

laka 16-4 = 12 mm t.j. za štap 22 mm; pre-

ma tome visina štapa $\frac{2,81}{2,2} \approx 13 \text{ mm}$. Gola žica bi

bila $2,2 \cdot 13 = 28,6 \text{ mm}^2$, izolirana parinkom

3. 13,8 /: izolacija 0,4 mm sa svake strane /

Tačine mjere:

$$\text{gola žica } 2,2 \cdot 13 \text{ mm}$$

$$\text{izolirana } 3 \times 13,8 \text{ mm}$$

$$q_a = 28,6 \text{ mm}^2$$

$$q_a = 4,4 \text{ A/mm}^2$$

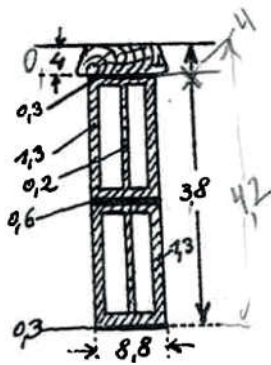
$$b_n = 0,8 \text{ mm}$$

$$L_2 = 38 \text{ mm}$$

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

Mjere utora i utor prikazuje slika (14).

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



prema tome liti će ($L_2 \max$) nešto
veći; nadozvoljeno se granice za
indukciju time ne prelazi.

Konačno slijede još nijese zuba

$$l_2 = \frac{\pi(60-7.6)}{98} = 16.8 /$$

$$\text{Na glavi: } z_1 = 192 - 8.8 = 194 \text{ mm}$$

$$\text{u korenu: } z_2 = 16.8 - 8.8 = 8.0 \text{ mm}$$

$$\text{reduje: } z_{\text{red}} = \frac{194 + 8.0}{2} = 9.2 \text{ mm}$$

$$z_1 = 194 \text{ mm}$$

$$z_2 = 8.0 \text{ mm}$$

$$z_{\text{red}} = 9.2 \text{ mm}$$

Magnetični sistem.

Imali smo: $\phi_0 = 4.64 \cdot 10^6$ Maxwella. Odabe-
remo koeficijent rasipanja najprije 1.15, onda
je tok u magnetu i jaramu

$$v = 1.15$$

$$\phi_m = v \cdot \phi_0 = 1.15 \cdot 4.64 \cdot 10^6 = 5.34 \cdot 10^6 \text{ Maxwella}$$

Magnete i jaram napravimo iz lijevanog čelika
(L_m) odaberemo 14000, što nam daje presjek

$$0.5$$

$$Q_m = \frac{5.34 \cdot 10^6}{14000} = 381 \text{ cm}^2$$

Okloje dužina armature jednaka dužini magneta $l_m = 28 \text{ cm}$
 $l_4 = l_m = 28 \text{ cm}$ /, dolijemo kod pravokutnog presjeka

$$\text{širina } b_m = \frac{381}{28} \approx 13.6 \text{ cm}$$

$$b_m = 13.6 \text{ cm}$$

Prema tome je presjek $13.6 \cdot 28 = 380.8 \text{ cm}^2$

$$Q_m = 380.8 \text{ cm}^2$$

$$L_m = \frac{5.34 \cdot 10^6}{380.8} = 14000 \text{ Gaussa}$$

$$L_m = 14000 \text{ Gaussa}$$

Stopalo

Obzirujući na jedn. (58, 60) uređene stopalo iz lina

$$1.6$$

$$b_i = \alpha_i \cdot T_p = 0.68 \cdot 314 = 21.3 \text{ cm}$$

$$b_i = 21.3 \text{ cm}$$

$$1.6$$

Raspor (S) slijedi iz (93)

$$S = 0.5 \cdot \frac{T_p \cdot AS}{L_2} = 0.5 \cdot \frac{314 \cdot 251}{8710} = 945 \text{ mm}$$

Za kontrolu urumimo jedn. (94), t.j.

$$S \geq \frac{1.2 \cdot b_i \cdot AS - AW_z}{1.6 \cdot K \cdot L_2} = \frac{1.2 \cdot 21.3 \cdot 251 - 3040}{1.6 \cdot 1.2 \cdot 8710} \geq 92 \text{ cm}$$

$$S = 4.5 \text{ mm}$$

Dakle se projektirano (S) može upotrebiti.

Za riješenje zadnje jednačbe po (S) računali smo:

$$AW_z = L_2 \cdot aw_{z_m} = 2 \cdot 38 \cdot 400 = 3040 \text{ /sl 14- III:/}$$

(K) računamo pomoću jedn. (III-19)

$$K_1 = \frac{L_1}{z_1 + x_s} = \frac{19.2}{19.4 + 1.5 \cdot 1.25} = \frac{19.2}{16.02} = 1.2$$

$$K_1 = 1.2$$

$$V = \frac{t_2 - t_1}{\delta} = \frac{19,2 - 19,4}{4,5} \approx 2, \text{ sl. III-5 daje } x = 1,25$$

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

Jaram.

U jaram 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: $L_j = \frac{\Phi_m}{2 \cdot Q_j} = \frac{5,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 273} = 9800 \text{ Gaussa}$ $L_j = 9800 \text{ Gaussa}$

Komutator.

Broj lamela $K = 196$ $K = 196$

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

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

$$D_K = \frac{196 \cdot 0,69}{\pi} = 43,1 \text{ cm}$$

Rotorna brzina: $v_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n}{60} = \frac{135,24 \cdot 500}{6000} = 11,27 \text{ m/s}$ $v_K = 11,27 \text{ m/s}$

Najveći napon između lamela je 20,5 V, kao kod opterećenja.

$$E_{dKmax} = \frac{2p \cdot E_a}{a_s \cdot K} = \frac{6 \cdot 455}{968 \cdot 196} = \frac{2730}{133,3} = 20,5 \text{ V}$$

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

Kefice.

Ove odaberemo iz ugljena. Broj svornika napravimo jednak broju polova, t.j. 6. Jakost 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 $l_s = 1,5 \text{ cm}$

$l_s = 2 \text{ cm}$, onda pokriva kefica $\frac{b_s}{\beta} = \frac{1,5}{6,9} = 2,17$ lamela $l_s = 2 \text{ cm}$

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

svaki svornik. Imamo pet kefica po 3 cm^2 , 5 kefica po svorniku

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

Dužina od pet kefica je $5 \cdot 2 = 10 \text{ cm}$; dužina

kollektora uzmemo $L_K = 13 \text{ cm}$ — okolo odgovara, $L_K = 13 \text{ cm}$

na ugrijavanje kollektora, što treba ispitati.

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

Proračun uveludjenja za neopterećeni kret.

Odaberemo dio polovnog luka konstantnog rasporeda jednak $945 \cdot T_p$, t.j.

$$b = 0,45 \cdot 314 \approx 141 \text{ mm}$$

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

Radi crtanja magnetnog sistema mora, mojom približno odrediti visinu magneta u smjeru osovine magneta, t.j. (h_m). Po jedini (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 jedini (106) : $h_m = \frac{9800}{1000 \cdot G_m \cdot f_K} \cdot (G_m) \text{ uračunamo}$
 $1,5 \text{ A/mm}^2$ ovaj izgleda struje u magnetizmu

Iz sl. (8) nademo da je struja uveludjenja 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 čini faktor napune: $f_K = 0,55$. vidi str. 26

$h_m = \frac{9800}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,55} = \frac{9800}{825} \approx 12 \text{ cm}$. Radi izola, cije dodamo još 1 cm tako, da visina postane do tačnog računa

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

Uveludjenje neopterećenog kreta.

Za neopterećeni kret je napon 440 V , a tok $\phi = E \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{60}{p \cdot n} \cdot 10^8 = \frac{440 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 10^8}{392 \cdot 3 \cdot 500} \approx 4,5 \cdot 10^6$, odnosno $\phi = E \cdot 1,02 \cdot 10^4$

Da dobijemo neopterećenu karakteristiku, odaberemo napone pod i nad 440 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 indukcijski njezgi armature odaberemo 12000 Gauss , prema tome je efektivni presjek željeza armature

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

visina (h) armature bez rublja:

$$h = \frac{188}{99.25} = \frac{188}{22.5} = 8,35 \text{ cm} \sim 9 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

Kutarnji promjer armature:

$$D_1 = D - 2L_2 - 2h = 600 - 76 - 180 = 344 \text{ mm} \quad D_1 = 34,4 \text{ cm}$$

za idealnu indukciju u rubovima dobijemo

jednadžbe:

$$L_{2 \text{ min}} = \frac{t_1 \cdot L_1}{K_2 \cdot Z_1} = \frac{19,2}{99 \cdot 104} \cdot L_1 = 2,05 \cdot L_1$$

$$L_{2 \text{ sred}} = \frac{t_1 \cdot L_1}{K_2 \cdot Z_{\text{sred}}} = \frac{19,2}{99 \cdot 92} \cdot L_1 = 2,31 \cdot L_1$$

$$L_{2 \text{ max}} = \frac{t_1 \cdot L_1}{K_2 \cdot Z_2} = \frac{19,2}{99 \cdot 80} \cdot L_1 = 2,67 \cdot L_1$$

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

$$K_{2 \text{ min}} = \frac{L_1 \cdot t_1}{Z \cdot K_2 \cdot Z_1} - 1 = \frac{28 \cdot 1,92}{25 \cdot 99 \cdot 1,04} - 1 = 1,3$$

$$K_{2 \text{ sred}} = \frac{L_1 \cdot t_{\text{sred}}}{Z \cdot K_2 \cdot Z_{\text{sred}}} - 1 = \frac{28 \cdot 1,80}{25 \cdot 99 \cdot 92} - 1 = 1,43$$

$$K_{2 \text{ max}} = \frac{L_1 \cdot t_2}{Z \cdot K_2 \cdot Z_2} - 1 = \frac{28 \cdot 1,68}{25 \cdot 99 \cdot 80} - 1 = 1,62$$

Po jednu (III-48) je koeficijent rasipanja rubli,

$$\text{žmo: } \sigma = 1 + \frac{5L}{b_i \cdot Z} \cdot \Sigma \lambda$$

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

Pojedine veličine jesu

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Q_L = 533 \text{ cm}^2 = \text{bi. l}$$

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

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

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

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

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

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

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

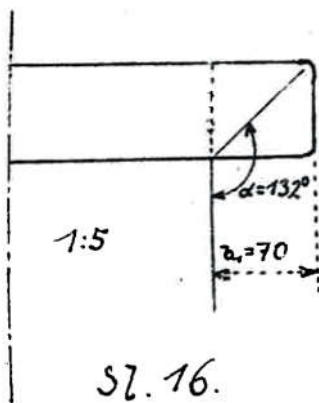
$$Z_p = Z_w = 28 \text{ cm}$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

$$F_p = 20,0 \text{ cm}^2$$

$$h_3 = 9,0 \text{ cm}$$

$$a_5' = 17 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{a_5 h_5}{L_5}\right)' = 0,425$$

$$h_5' = 1,0 \text{ cm}$$

$$a_5'' = 3,0 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{a_5 h_5}{L_5}\right)'' = 1,125$$

$$h_5'' = 3,0 \text{ cm}$$

$$a_5''' = 3,0 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{a_5 h_5}{L_5}\right)''' = 1,034$$

$$h_5''' = 5,0 \text{ cm}$$

$$\Sigma = 2,584$$

$$\sqrt{h_1^2 + b_1^2} = 9,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = \frac{a_1}{q \cdot 8} \left(\frac{2w}{L_1 - 2w} + \frac{2p - 2w}{L_1} \right) = \frac{1,5}{9,8} \left[\frac{28,0}{8,5} \right] = 6,17; \quad \lambda_2 = \frac{F_p}{q \cdot 8 L_2} = \frac{20}{20,1} = 1,00$$

$$\lambda_3 = \frac{h_3 a_3}{h_m q \cdot 8} \left(\frac{2k}{L_3 - 2k} + \frac{2m - 2k}{L_3} \right) = \frac{9,0}{13,0} \cdot \frac{6,6}{9,8} \left(\frac{18,0}{24,5} + \frac{7}{27,5} \right) = 5,43$$

$$\lambda_4 = \frac{h_3 a_3 b_m}{q \cdot 8 h_m L_4} = \frac{9,0 \cdot 6,6 \cdot 12}{9,8 \cdot 13,0 \cdot 37,0} = 1,8; \quad \lambda_5 = \frac{z_m \Sigma}{q \cdot 8 h_m L_5} = \frac{25,0}{9,8 \cdot 13,0} \cdot 2,584 = 6,20$$

$$\lambda_6 = \frac{b_m}{1,6 \pi} \cdot \frac{\sqrt{h_1^2 + b_1^2}}{h_m} \cdot \frac{180}{\alpha} = 2,38 \cdot 0,73 \cdot 1,36 = 2,36$$

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

$$\sigma = 1 + \frac{5,8}{b_1 \cdot 2} \Sigma \lambda = 1 + \frac{2,25}{533} \cdot 21,96 = 1,09. \text{ Odatno li}$$

samo li $v = 1,15$, koji ćemo vrijednost i za $v = 1,15$ dati proračun zadržati.

Karakteristiku neopterećenog kreta prikazuje slika (17) str. 51; Krivulja (I). Iz ove krivulje vidimo da broj AZ za opterećeni kret, t.j. $E = 455 \text{ V}$, 12000 amper-zavoja /AZ/ za magnetni kug. Jer su ke, fice neutralnoj zoni moramo uzeti u obzir samo razmagnetizirajući učinak poprečnih AZ. Ove amper-zavoje možemo dostatnom tačnošću odrediti iz krivulje prelaza - sl. (18) -. Pravac (AC) odgovara indukciji (L_L) za opterećeni kret = 8710 Gaussa. Indukciju smo li izračunali iz: $L_L = \frac{\Phi_0}{2 \cdot b_1}$. Položaj tačke (A) i (C) na pravcu (AC) odaberemo tako, da je $AC = b_1 \cdot AS = 21,3 \cdot 251 = 5346 \text{ AS}$, te da je (matarak na str. 49)

Tabela VI.
(Izračunavanje neopterećene karakteristike.)

E =	Volta	100	200	300	400	450	500
$\phi = E \cdot 1,02 \cdot 10^4$		$102 \cdot 10^4$	$2,04 \cdot 10^6$	$3,06 \cdot 10^6$	$4,08 \cdot 10^6$	$4,59 \cdot 10^6$	$5,10 \cdot 10^6$
$L_2 = \phi : 533$		1920	3830	5740	7650	8610	9570
$L_a = \phi : 404$		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} efekt. indukcija		3940	7870	11810	15740	17700	19400
L_{2red} " "		4440	8870	13303	17700	19500	21100
L_{2max} " "		5130	10250	15380	19800	21200	22200
$\phi_m = 1,15 \cdot \phi$	$\cdot 10^6$	1,173	2,346	3,519	4,692	5,278	5,865
$L_m = \phi_m : 380,8$		3080	6160	9240	12320	13860	15400
$L_j = \phi_m : 446 = \phi_m : 2Q_j$		2150	4300	6450	8600	9670	10750
$a \cdot w_a$		94	95	1,8	3,5	4,7	7,0
$a \cdot w_{2min}$		945	1,9	5,2	29	80	220
$a \cdot w_{2red}$		9,5	2,6	8,5	80	230	690
$a \cdot w_{2max}$		9,5	3,9	25	300	750	1400
$a \cdot w_2 = (a \cdot w_{2min} + 4 a \cdot w_{2red} + a \cdot w_{2max}) : 6$		95	27	107	110	292	730
$a \cdot w_m$		9,8	2,3	4,7	12,5	29	85
$a \cdot w_j$		9,2	9,8	1,4	2,0	2,6	3,8
$AW_a = 25 \cdot a \cdot w_a$		10	13	45	87	117	175
$AW_2 = 7,6 \cdot a \cdot w_2$		4	21	81	836	2220	5548
$AW_2 = 0,86 \cdot L_2$		1651	3302	4953	6604	7430	8255
$AW_m = 28,5 \cdot a \cdot w_m$		23	66	135	356	826	2423
$AW_j = 50 \cdot a \cdot w_j$		10	40	70	100	130	190
AW_{k0}		1698	3442	5283	7983	11723	16591
AW_{t0}		5094	10326	15849	23949	35169	49773

9650
4825
35169
35638
1500
33200 AZ
10078
197.125
35200 = 16

ploština (AEBA) jednaka ploštini (BCDB). Točka (F) leži u sredini između (A) i (C). (BF) je prema tome jednako broju namagnetiziranih AZ po pol, tj. 500 po pol, odnosno 1000 AZ po magnetski krug. (p) u cm slijedi iz jedna.

$$p = 500 \text{ AS}$$

$$= 2 \text{ cm}$$

Broj AZ za puni teret je prema tome
 $AW_K = 12000 + 1000 = 13000 \text{ AZ}$; totalni broj svih km.
 gora

$$AW_K = 13000 \text{ AZ}$$

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

$$AW_z = 39000 \text{ AZ}$$

Da kontroliramo odabrani koeficijent rasipanja računamo ga za opterećenje po jedr.

(III-64):

$$V_b = 1 + \frac{2(AW_K + AW_z + AW_a + AW_d)}{\phi_b} \cdot \lambda = 1 + \frac{2(7510 + 2500 + 130 + 1000)}{4,64 \cdot 10^6} \cdot 22 \quad V_b = 1,1056$$

U neopterećenju karakteristici - sl. 17 - mo, žemo sada crtati trokut (QBC). Odm - ovo opada, nije (QB) ^{vršimo} da je ~ 3%, onda je (QB) = $QB = 0,03 \cdot 440 = 13,2 \sim 13 \text{ V}$; $z.e = 2 \cdot p \cdot AS = 1000 \text{ AZ}$.

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

Krivulja II prikazuje vjernu stuju tereta i: demo mjerilo: / sa odgovarajućim brojem AZ (QQ').

Za kontrolu (AW_K) služi nam jedr. (87), odnosno (95), koje su potpuno ispunjene. Raspor (8) mogao bi se nešto umanjiti. Zadržimo li dosadanj ujednost bitiče rasteranje po ja maleno, a komutacija povoljna.

Uzbudjenje (poredni namotaj)

6 vitaka spojimo u seriju. Presjek sli, jedi iz jedr. (111):

$$z_m = \frac{(1 + 0,004 \cdot T_m) AW_K \cdot l_m}{5700 \cdot u} (1,1 \div 1,2)$$

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

ako si ramislino visim namotaja 5,5 cm,

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

te 2 mm razvaku strumu sa izolacijom.

$$r_{\text{m}} = 5,5 \text{ cm}$$

$$T_m \approx 50^\circ\text{C}; AW_t = 39000; U = 44.0\text{V}$$

$$q_m = 1,2 \cdot 1,2 \frac{3900 \cdot 102,6}{5700 \cdot 44,0} \approx 2,24$$

Odaberemo $d/d' = 1,7/2,1$, onda je presjek $q_m = 2,27\text{ mm}^2$. Gustoća (g_m) smogli 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: $\frac{11400}{2} = 1900$.

Otpor namotaja je

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

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

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

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

ako ćemo ove rezultate, koji potpuno odgo-
varaju, pridržati, moramo prostor računati:

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

Za svaki sloj imamo dakle $1900 \cdot 27 = 70$ žica,
odnosno radijalna visina magneta

$70 \cdot 2,1 = 147\text{ mm} + 5\text{ mm}$ za izolaciju, što daje
152 mm namjesto prije izračunanih 130 mm.

Radi ovog povećanja povećalo se (l_m) i (l_j);
prema tome i potrebiti broj AW , ali tako ne,
znatno, da ne dolazi u obzir, a to tim više
što imademo ^{dostatan} rezervu $1:13000 \div 15428 = AW_k$!

Struja magnetiziranja raznoopterećeni
kret je $1:11200\text{ A} \cdot \text{Z}$:

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

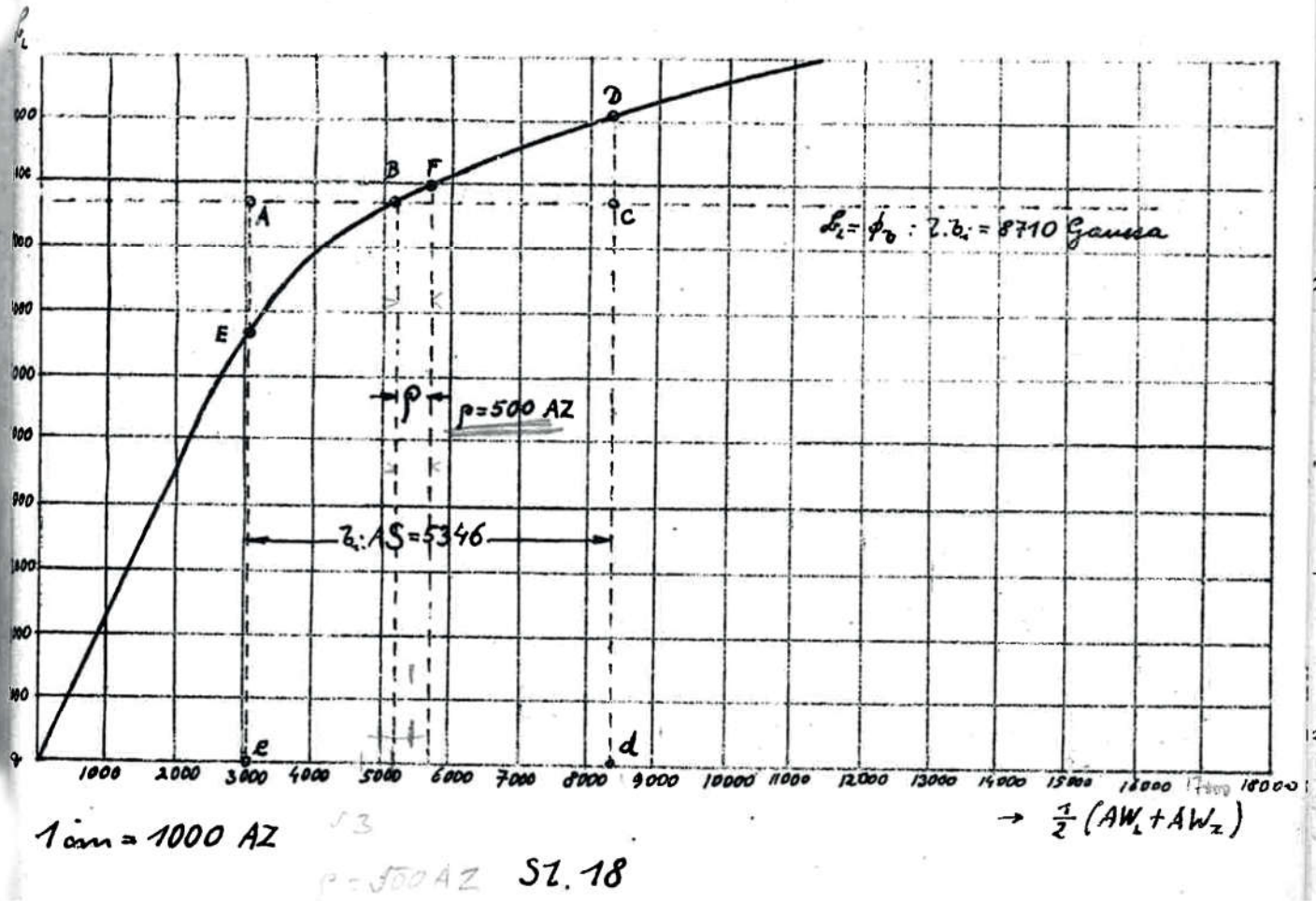
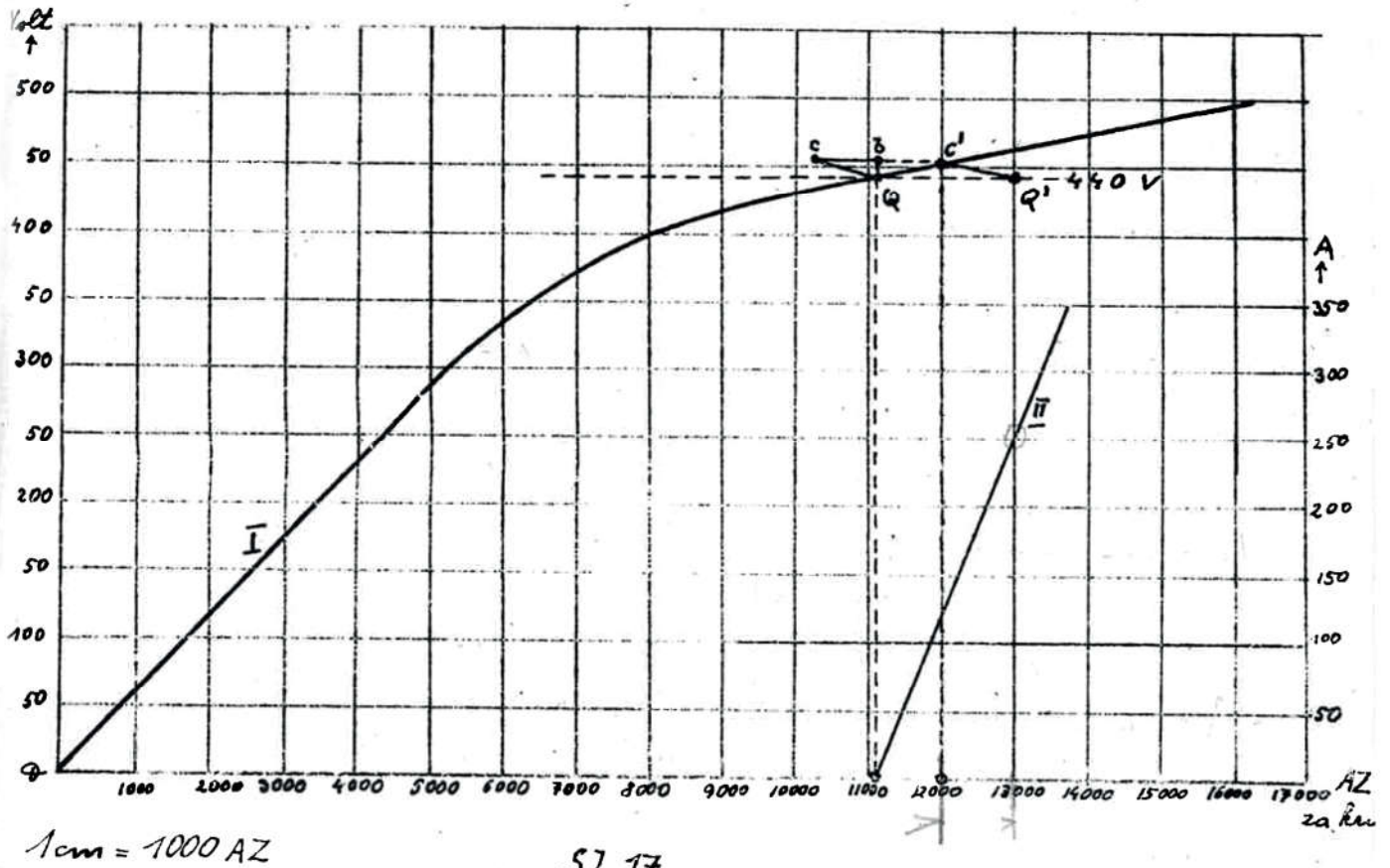
$$I_{0m} = 2,95\text{ A}$$

Da se može izjednačiti uticaj promjene

broja zavoja na napon, napravi se otpor za pred-

koćanje i regulaciju pojedn. 120

$$R_m = (1,1 \div 1,5) \left(\frac{U}{I_{0m}} - \frac{l_m \cdot W_m}{5700 \cdot q_m} \right) = 1,3 (149,1 - 99,4) = R_m = 76 \Omega$$



Komutacija

Širina zone komutiranja je pojedn.

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

$$b_K = t_n + b_n + [\epsilon_K - (1 + \rho_w) \frac{a}{p}] \beta_n. \text{ -- Ovdje je}$$

$$t_n = 1,92 \text{ cm}; \quad b_n = b_0 \frac{D}{D_K} = 1,5 \cdot \frac{60}{43,1} = 2,08$$

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

$$1: \frac{K}{2p} - \frac{1}{2} (\gamma_n - 1) : 1: \epsilon_K = \frac{12,6}{6} = \frac{1}{2} (65 - 1) = 32,67 - 32 = 0,67$$

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

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

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

Po jedn. (90) odaberemo $b_w = 2 \cdot t_n = 2 \cdot 1,92 = 3,84 \text{ cm}$ $b_w = 3,84 \text{ cm}$

što također odgovara jedn. ($b_w < b_K$). Štopalo crtamo poslici (14) - sl. (19). Štopalo napisa,

vrhove iste dužine kao od gla,

vrh polova, t.j.: $l_w = l_p = 28 \text{ cm}$. $l_w = 28 \text{ cm}$

Poprečno polje armature nemože

onda nigdje ulaziti u rom

komutacije, te joj smetati.

Prematome dođu u obzir samo

vodljivosti (λ_m, λ_{kw}) i (λ_s). Jednačba (141):

$$\lambda_m = 1,25 \left(\frac{2,5 \cdot n}{3 \cdot n_3} + \frac{n_5}{n_3} + \frac{n_7}{n_8} + \frac{2 \cdot n_6}{n_4 + n_8} + \frac{n_4}{n_1} \right) \text{ dade,}$$

obećeno na sl. (14):

$$\lambda_m = 1,25 \left(\frac{2,5 \cdot 1,3}{3 \cdot 0,88} + \frac{0,8}{1,96} \right) = 1,25 (1,23 + 0,41) = 2,05$$

$$\lambda_m = 2,05$$

Jedn. (143): $\lambda_{kw} = \frac{1,25 \cdot b_w}{4 \cdot d_w \cdot K_n} = \frac{1,25 \cdot 3,84}{4 \cdot 1,1 \cdot 1,1} = 1$

$$\lambda_{kw} = 1$$

okomistujemo; $K_n = 1,1$, i ra: $d_w = 1,1 \text{ cm}$ što treba još ispitati.

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

toga je: $l_a = l_n + 14 \cdot t_p + 5 = 28 + 14 \cdot 3,4 + 5 = 77 \text{ cm}$.

Prematome konačno:

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

$$\lambda_n = 4,09$$

Prednja vrijednost polja utora je

$$L_m = 2 \cdot A \cdot \lambda_n \cdot \psi = 2 \cdot 251 \cdot 4,09 \cdot 0,443 = 910 \text{ Gaussa}$$

$$L_m = 910 \text{ Gaussa}$$

$$\psi = \frac{t_n}{b_K} = \frac{1,92}{4,33} = 0,443$$

$$\psi = 0,443$$

Za konstantu armature sinoidalni $A = 0,591$

$$A = 0,591$$

Najugodnije polje komutacije je pojedn. (137)

$$L_K = 2 \cdot A \cdot \psi \cdot \lambda_n + \frac{p_b}{\pi b} \cdot \frac{A \cdot S}{A} = 910 + \frac{1}{2,174} \cdot \frac{251}{0,591} = 1105$$

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

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

Za komutaciju u tangenti tiela nam pođe komutacije po jednu (138) $1:2.e_b V$:

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

IZ veličine ovih indukcija vidimo, da li stroj dobro komutira takođe bez pomoćnih polova.

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

$$e_{K1} = \frac{z_b}{\beta} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{z}{K} \cdot \tau \cdot v \cdot L_K \cdot 10^{-6} V =$$

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

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

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

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

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

Potrebni broj AZ sledi iz jedn. (162)

$$AW_w = 1,1 (\tau_p \cdot AS + 1,6 \cdot K_w \cdot \tau_w \cdot L_K) = \text{(za par polova)}$$

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

$$A_w = 11022 AZ$$

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

$$22 \text{ ravoja propol}$$

Da vidimo da li smo odabrali pravilno (τ_w)

$$\text{tražimo: } \tau_{w2} = \tau_p \cdot AS = 7881; \tau_{w0} = 1,6 \cdot K_w \cdot \tau_w \cdot L_K = 2139$$

$$\frac{\tau_{w2}}{\tau_{w0}} = \frac{7881 + 2139}{7881} = 1,27 \text{ što približno dobro odgo,}$$

vara jedn. (165).

Gustoću struje odaberemo po istom pravilniku, kao što vrijedi za serijski namotaj....

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

$$q_w = 1,7 A/\text{mm}^2$$

$$q_w = 150 \text{ mm}^2 =$$

$$= 5,30 \text{ mm}$$

$$z_K = 20 \text{ cm}$$

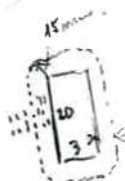
$$z_{wK} = 3 \div 4,5 \text{ cm}$$

Dalje odaberemo dužinu jezgre: $0,7 \cdot z_w =$
 $= 0,7 \cdot 28 = 20 \text{ cm}$, te uzmemo da širina jezgre raste
 od stopala $1 = 3 \text{ cm}$ / do jaruma $1 = 4,5 \text{ cm}$, onda
 je srednja dužina jednog ravoja 1 : motan
 na visoki : 1 :

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

Totalna suma ravoja: $6 \cdot 22 = 132$; totalna
 dužina: $132 \cdot 0,55 + 2 \cdot 1 \text{ za spoj} = \sim 75 \text{ m}$.

Otpor u toplom stanju 1 : $T_m = 50^\circ C$:



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

Iz jedna (III - 106 ÷ 110) dobijemo slijedeće to, koje su pomoćne polove:

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

$$= 3,84,28 \cdot 1105 = 123760 \text{ Maxwella}$$

$$(2\phi_{w1}) \text{ pojedn. (III - 106)} = \left[\frac{a_1'(l_w + b_w + l_p)}{1,6 \cdot L_1'} + \frac{a_2''(l_w - l_k)}{0,8 \cdot L_1''} \right] AW_w =$$

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

$$(2\phi_{w2}) = \text{pojedn. (III - 108)} = \frac{l_k + b_k + l_m}{1,6 \cdot h_k} \cdot \sum \frac{h_2 \cdot a_2}{L_2} \cdot AW_w =$$

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

$$(2\phi_{w3}) = \text{pojedn. (III - 110)} = \frac{l_k + b_k + l_j}{1,6 \cdot h_k} \cdot \sum \frac{h_3 \cdot a_3}{L_3} \cdot AW_w =$$

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

(za b_j) uvelismo 28 cm!

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

$$V_w = 1 + \frac{2\phi_{w1} + 2\phi_{w2} + 2\phi_{w3}}{\phi_a} = 1 + \frac{169100 + 147500 + 100000}{123760} = \frac{44}{3,6} \quad V_w = \frac{44}{3,6}$$

Na donjem kraju pomoćnog pola je indukcija u jezgri

$$L_{wm} = \frac{\phi_{wa} + 2\phi_{w1}}{b_k' \cdot l_k} = \frac{123760 + 169100}{3 \cdot 18} = 5500 \text{ Gaussa}$$

Na gornjem kraju

$$L_{wm}'' = \frac{\phi_{wa} + 2\phi_{w1} + 2\phi_{w2} + 2\phi_{w3}}{b_k'' \cdot l_k} = \frac{540360}{81} = 6700 \text{ Gaussa}$$

U jaramu ulazi tok pomoćnog pola

$$\phi_{wm} = \phi_{wa} + 2\phi_{w1} + 2\phi_{w2} + 2\phi_{w3} = 540400 \text{ Maxwella}$$

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

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

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

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

a u drugoj polovici jarma imamo tok

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

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

Iz ovih indukcija, te iz indukcije u pomoćnom polu vidimo, da stoji komutacija

besprihorno kod preopterećenja daleko nad 50%.
Tako velika sigurnost nije potrebna, jer se je moralo
nisti. Stoga bi bilo zgodno umanjiti nešto dužinu
(l_k), te tako pristediti na bakru. Isto tako bi mo-
gli povećati nešto indukcije 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, koje se
veličine mora umanjiti ili povećati, da se stoji-
do kraja iskoristi. Ove se promjene preporuča
načiniti podvrištenom proračunu 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 toplina slijedi:

Gubitci u armaturi.

Broj perioda frekvencije je: $\sim = \frac{p \cdot m}{60} = \frac{3 \cdot 500}{60} = \sim = 25$.

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

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

za indukciju $B_a = 11400$ gubitak $1,75 \text{ W/kg}$
 $B_{2,1} = 17800$ $4,2$ " /: interp:/
 $B_{2,2} = 23100$ $7,2$ "
 $B_{2,3} = 20000$ $5,5$ "

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

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

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

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

Težina rublja je po jednu ($V_1 - 4$)

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

$$G_z = 60,5 \text{ kg}$$

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

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

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

Gubitak uslijed toplina u armaturi:

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

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

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

$$R_a = 0,0537 \Omega$$

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

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

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

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

Gubici u magnetizmu.

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

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

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

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

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

Toplina u prednom namotaju: $i_m = 3,5 \text{ A}$
za puni teret: /:

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

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

U prednom sklopu totalni: $440 \cdot 3,5 =$

$N_m = 1540 \text{ W}$

Gubitak u komutatoru.

Računa se po jedn. (V) - 16 ÷ 18). Za niže
tvrđi 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 jedn. (V) - 20) 1,5% predanog korisnog djelovanja /: uključivo ventilaciju, i.t.d.:/

$N_m = 1500 \text{ W}$

Totalni gubici su prema tome

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

$N_z = 9074 \text{ W}$

Stepen djelovanja za puni teret:

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

$\eta' = 91,7\%$

Ugrijavanje:

armatura: jedn $25,26 - V_1$

M. Plöhl:

Jaka struja I. svekak III.

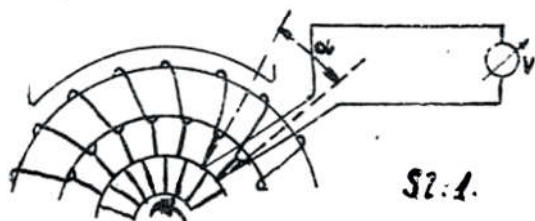
W. Karstner

1. Primanje krivulje zoga.

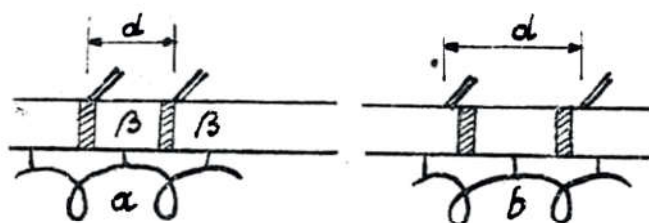
Radiobu zoga na obodu armature može se eksperimentelno na taj način odrediti, da se izmjeri u svitku induciranoj el. m. s. na različitim mjestima zoga. Ako je brzina konstantna, onda je jakost zoga na dotičnom mjestu proporcionalna mjerenoj el. m. sili. -

a.) Primanje pomoću dviju pomoćnih kefica

Na krajevima jednog svitka armature induciranoj el. m. s. može se izmjeriti u kojekakvom položaju svitka pomoću dviju malenih uskih kefica, koje se miču na kolektora. Mjerena intenziteta je medija vrijednost intenziteta zoga između luka



zoga između luka α , - sl 1 -, koji odgovara vremenu τ u kojemu je svitak (ili svitci) spojen sa lamelama.



Pomoću kefice moraju se naračunati, u takvoj udaljenosti d - sl 2 a i b -, da su prislonjene na onu lamelu, koja je spo-

jena sa početkom odnosno početkom svitka. Ndaljenost odgovara jedna tome koraku u lamelama τ .

Imamo li kefice previše udaljene, onda se mjeri u intervalima napon dviju svitaka. Ako je $d < \beta$, onda se opet spori krug voltmetra tunc duže

kratkot, čim je veća razlika $\beta - \alpha$. Debljina kofica mora biti manja, nego debljina izolacije (najugodnije tašak lim is celika ili novog srebra)

Ima li armatura petljasti namotaj, mjeri se napon susjednih lamela, koje su udaljene za m lamela (m -struka petlj. namot.)

Ima li armatura valoviti namotaj, onda je udaljenost kofica ili y_k ili a lamela. U prvom slučaju leži između kofica jedan svitak, u drugom p svitaka. Za p svitaka ne mjerimo krivulju polja jednog pola, nego srednju vrijednost p polova. Da se dobije citavu krivulju izlazi se iz neutralne zone te ide potepeno oko komutatora.

Mjerenje napetost odgovara samo onda, ako armatura nema struje. Teče li kroz svitak namotaja struja, onda je inducirana el. m. s. jednaka mješnjoj $\pm$ otpadaju u svitku. (+gen. - mot.). Iz mjere e_x el. m. s. e_x dobije se indukciju D_x pomoću pilu.

$$e_x = S' \frac{z}{k} l D_x \cdot 10^{-6} \text{ Volta}$$

$$D_x = \frac{e_x \cdot 10^6}{S' \frac{z}{k} l v}$$

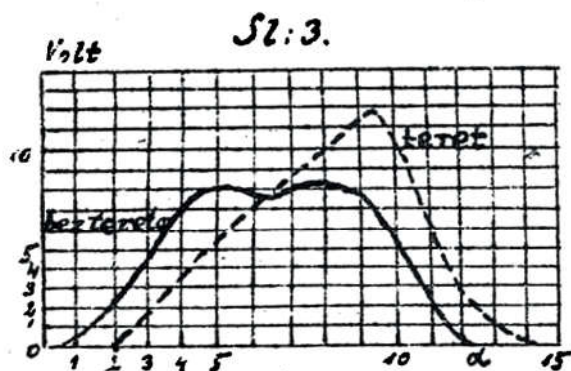
(1)

S' označuju broj svitaka, koji leže između kofica, $\frac{z}{k}$ je broj induciranih vodiča jednog svitka, v obodna brzina armature u m/sec. Iako je korak jako skraćen, onda se na taj način ne može odrediti apsolutnu veličinu intenziteta polja. Hoće li se ovo mjerenje točno načiniti, uime se svitak za ispitivanje koji se metne na armaturu ili oscilograf. U ovo ispitivanje ne čemo ovdje zalaziti, jer su potrebne posebne sprave (vidi Arnold, Johu i d. d.)

Nacrtamo li krivulju, koja sadrživa vrijednosti $e = f(\alpha)$ (e u ovisnosti od α , odnosno od udaljenosti od početne točke) onda dobijemo krivulju komutatora pl. 3. / vidi /

Polje dobijemo prema tome u volt-mjerilu. Odabereuo udaljenost (ili) pomoćnik kofica za petljasti namotaj jednaku y_k , onda je mjerenje

napon napetost dviju strana, koje induciraju
dva pola. Da dobijemo polj jednoga pola, moramo estati
$$e' = \frac{e}{2} = f(\alpha) \quad (2)$$

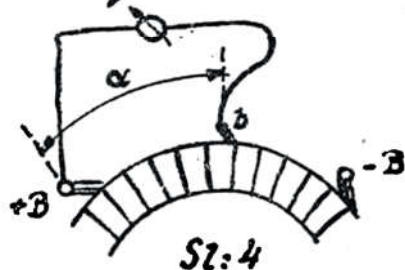


Da valoviti namostaj odgo-
vara e ep struvarna, prema
Tome

$$e' = \frac{e}{2\pi} = f(\alpha) \quad (3)$$

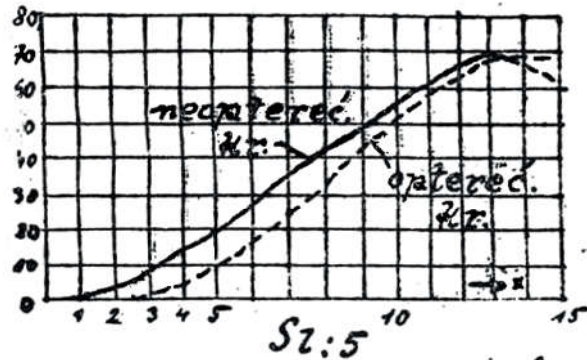
Primajući može se napraviti u
opterećenom i neopterećenom
kretu. Otpadajući napona

u svitku ili svitcima, što će se između kefisa,
može se kod generatora adirati; kod motora subtra-
hirati. Također iz potencijalne krivulje komutator-
ne može se pronaći krivulja polja. Voltmetar sl
4. spojen je statuo s keficom +B. Te pomoć. keficom
b. U različitim položajima kefice b mjerenu napon
e_x jednak je naponu stroja, ako padne kefica b
suziluo s keficom -B. Postane li α veće, nego ras-
mak polova onda počne e_x opet padati. Čitamo

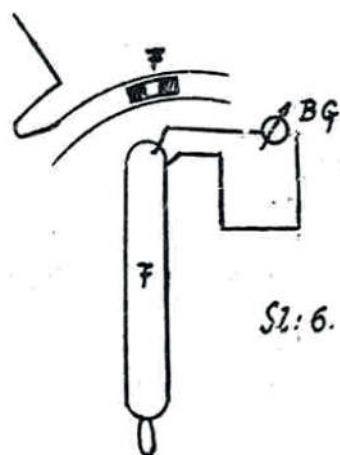


li e_x u ovisnosti od α, do-
bijemo potencijalnu krivulju
komutatora, te na taj na-
čin također krivulju polja,
ako se subtrahira od svoje
ordinate prijašnja te crta di-
ferencu u ovisnosti od α.

b. Primajući krivulje
polja u stanju mirovanja.
Da se može primiti krivulja
polja također za položaje ke-
fica, u kojima bi stroj u



prigodu je jako iskorisno upotrebi se slijedeća metoda
- sl. 6. - Maleni svitak F, koji je približno iste
dužine kao armatura udereu je u raspor i to
Tako, da se može u smjeru osovine micati.
Svitak se spoji sa galvanomet. (baklič. galv.)



Stroj je u stanju mirovanja, magneti normalno urbudeći. Izvuce li se brzo svitak, dobije se otklon galvanometra, pomoću kojega se odredi induc. el. m. s.

Zgodnija je upotreba spirale iz vismuta. Vismut ima svojstvo da promijeni u magn.

tičkom polju vodljivost. Promjena iznosi približno 5% za indukciju od 1000 cgs. Promjena je dalje ovisna o temperaturi. Koeficijent temperat. nije konstant, t. j. nije isti za svaku indukciju. Svaka spirala vismuta ima svoju karakternu krivulju, koja prikazuje pojedine veličine, tako da se može odmah odrediti traženu indukciju. Najzgodnije je upotrebiti ovu spiralu kod iste temperat., kod koje je bila određena. U pogonu se spirala ne može upotrebiti, jer nije temperat. fiksirana.

Kod primanja krivulje nužno se spirala paroklono postepeno sa polovinom rasukava, radi toga tako da se dobije polje u rasporu nad rubom i nad u. Torom. Udaljenost od početnog položaja mjeri se u stupnicama na posebno udrećenoj ploči.

a.) Primanje polja neopter. kr. eta. magneti urbudeći strujom koja odgovara neoptereć. kr. eta. format. ra. u stanju mirovanja bez struje.

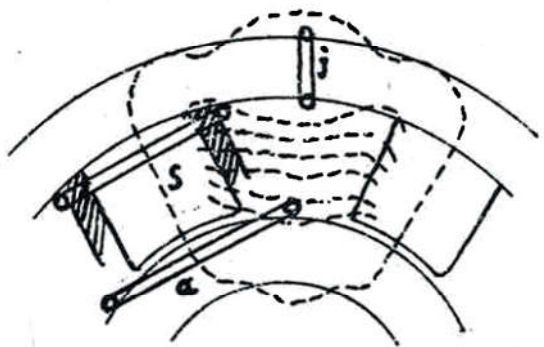
β.) Poprečno polje armature. Stroj bez urbudećih kefice u položaju pogona, armatura u stanju mirovanja sa normalnom strujom.

γ.) Rezultirajuće polje: Magnet normalno urbudeći, armatura u stanju mirovanja sa normalnom strujom. Ovu krivulju može se također dobiti sumacijom krivulji β i α.

2. Određivanje koefic. rasipanja

U jednom dijelu magnetič. kruga ne čini

imati sve crte zloga, koji predstavljaju amperovske
 je na magnetu. Jedan
 dio ϕ_x spoji se kroz sve



Sl: 7

Primer svih crta
 ϕ_e i toka u kojim god
 dijelu kruga/armature
 ϕ_a , yaramu ϕ_j (t.d.) zve.
 mo koeficijent rasipanja
 (vidi III-6.) Prema tome
 medu

$$\sigma_a = \frac{\phi_e}{\phi_a} \quad \sigma_j = \frac{\phi_e}{\phi_j} \text{ t.d. (4)}$$

Koeficijent rasipanja uvijek je veći nego jedinica.
 poredi li se ove koeficijente pomoću svitka za iz-
 tražuje sl. 7. i to time, da se mjeri d. m. s., ko-
 ja nastane, ako se brzo promijeni tok svitka.
 Najvažnije je određenje koefic. σ_a za armaturu
 magnetični otpor željeza armature raste sa
 zasićenjem, a otpor rasipanja ostane približno
 isti. Ako je željezo armature zasićeno, onda
 povećanje porast amperovsoga porast toka (ϕ_a -
 Koeficijent rasipanja ϕ_x , ali samo nerastan
 porast toka ϕ_a , koeficijent rasipanja

$$\sigma_a = \frac{\phi_e}{\phi_a} = \frac{\phi_a + \phi_x}{\phi_a} \quad (5)$$

raste prema tome sa zasićenjem.

Struju magnetiziranja ne smije se ravnom
 ukloniti; mora se je samo za određeni interval
 niti. Uklonjenje struje dalo bi nepravilne koefic.
 rasipanja. Svitak za mjerenje mora biti u ovom
 položaju, u kojem obuhvati po mogućnosti naj-
 veći tok, koji dolazi u određenom dijelu kruga
 u okvir. Položaji su nacrtani u sl. 7. Za armu-
 turnu medu još, da mora širina svitka biti 2-
 duaka razmaku polova ž. Struju magneti-
 ziranja mora se jednoliko promijeniti na svim

magnetima, da odgovara radijusa toka, radijusa u naponu.

a.) Bakrčena metoda; Oznaci li ϕ tok kroz svitak, koji je spojen s galvanometrom, u broj zavoja svitka, onda je inducirana d. m. s.

$$L = -w \frac{d\phi}{dt}$$

i mušina elektřicitete

$$Q = \int_{t=t_1}^{t=t_2} \frac{Q}{T} dt = - \frac{w}{T} \int_{\phi=\phi_1}^{\phi=\phi_2} d\phi = \frac{w}{T} (\phi_1 - \phi_2) = C \cdot \alpha$$

ako oznacimo s α otklon galvanometra (formatora, nj. zrcalom i dalekozorom) / C konst. fak. instrum. Iz ove jilu. sledi:

$$\phi_1 - \phi_2 = \frac{C \alpha \cdot T}{w} \quad (6)$$

T je otpor citavog kruga. H. s. prikazuj seenu spaja, sa kojim moemo odrediti sledede ve. licine:

1.) Konstantni faktor C galvanometra. Za ove svrhe služi svitak w_1 i w_2 . w_2 je maleni svitak, zavoji od veoma tanke žice, visina svitka veoma malena prema w_1 . Duzina I svitka w_1 , po najmanje 10 puta promjer d. Onda imamo u se. dnu svitka w_1 , zoge jakosti / vidi I. - c)

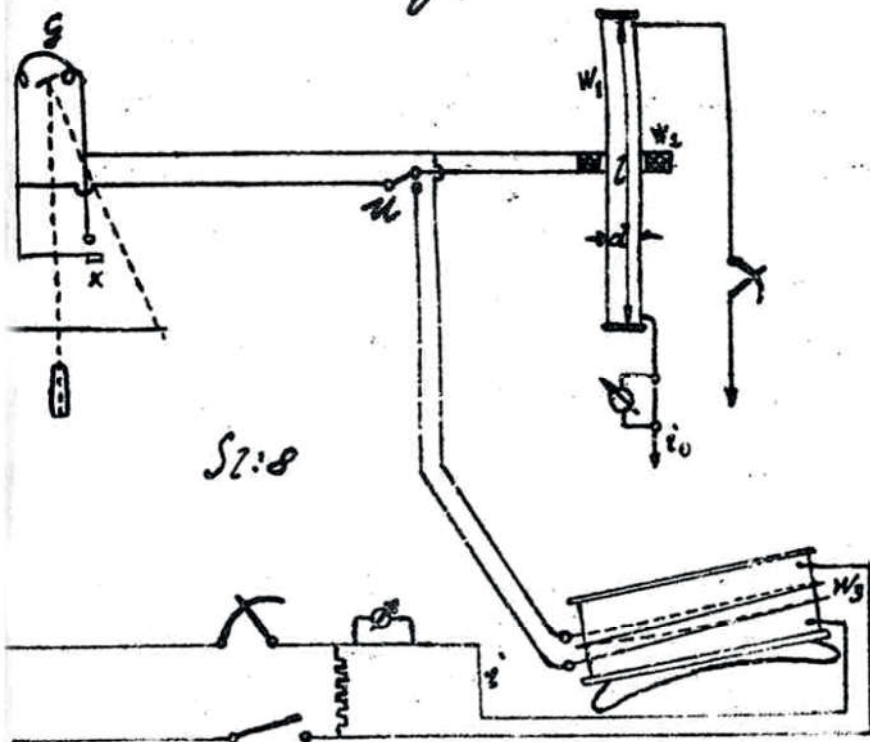
$$H_0 = \frac{94 \pi \cdot w_1 \cdot i}{L} \quad (7)$$

to je struja u amf., što teče kroz svitak w_1 , duzine L cm sa brojem zavoja w_1 . Iskopa li se to, inducira tok, što se izgubi $-\phi_0$ u svitku w_2 d. m. s. Iko p. 2. presjek svitka w_1 u cm^2 ; w_2 broj zavoja svitka w_2 , r_0 otpor kruga galvanometra, onda je

$$\phi_0 = H_0 \cdot Q = \frac{C \cdot \alpha_0 \cdot r_0}{w_2} \quad (8)$$

Nadamo struje prouroči otklon α_0 . Iz jedu 7 i 8. odredi se faktor C. -

2. Određuje toku ϕ_e .



Kroz namotaj magnetne teče struja i . Svitak se ispitivao N_3 (broj zavoja w_3 , spojeno putem preklopke K sa galvanometrom. Struju se prekine te mjeri otklon α_3 . Ovdje se može struju savim prekinuti, jer se hoće odrediti broj crta indukcije,

ne razmjer. Ako je r , otpor kruga sa galvanometrom onda slijedi iz jedu. 6., ako stavimo $\phi_1 = \phi_e$ $\phi_2 = 0$
 $\alpha = \alpha_3$ $r = r_3$ $w = w_3$

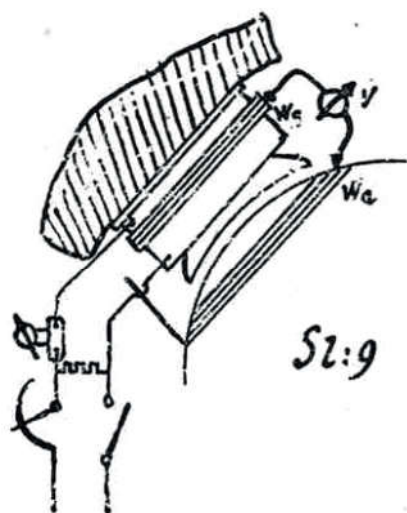
$$\phi_e = \frac{C \alpha_3 r_3}{w_3} = \phi_0 \frac{\alpha_3}{\alpha_0} \frac{w_1}{w_3} \cdot \frac{r_3}{r_0} \quad (9)$$

Čitavi tok indukcije može se na taj način odre-
 diti samo (tako) kod malenih strojeva. Kod ve-
 likih mora se uvijek još uklopiti otpor pored
 k krugu struje i , da se može ispoduati na-
 rac samoindukcije.

3. Određuje koeficijenta razipanja. Ho-
 li se odrediti samo koeficijent razipanja,
 nisu više potrebni svitci w_1 i w_2 . Galvanome-
 taji se najprije sa switchom sonda a - el. f. -
 Ako je broj zavoja svih svitaka jednak te
 ima krug galvanomet. u obim slučajevima
 isti otpor, odgovara promjeni struje (i_1 , i_2) u
 prvom slučaju (galvanomet. na switchu s) pro-
 mjena toka (ϕ_{e1} , ϕ_{e2}) te otklon α_s , u drugom
 slučaju (galvanometar sa switchom a) promjena
 (ϕ_{a1} , ϕ_{a2}) te otklon α_a . Onda vredi

$$\bar{c}_a = \frac{\phi_{e1} - \phi_{e2}}{\phi_{a1} - \phi_{a2}} = \frac{\alpha_s}{\alpha_a} \quad (10)$$

6.) Goldschmidtova mala metoda.



Ova metoda je mnogo jednostavnija, nego metoda sa bal. galvanometrom. Glavna je da je milivoltmetar istomjer, ne struje V - sl. 9. - bez struje, onda moraju naponi padu prema drugom spojenju svitaka w_1 i w_2 biti jednaki, te se izjednačiti. Kod promjene struje magnetizirajućih inducirani naponi su

proporcionalni produktu toka Φ sa brojem zavoja. Imamo li jedan svitak broj zavoja w_1 , a drugi w_2 , onda redi, ako računavamo struju u voltmetru

$$\Phi_1 w_1 = \Phi_2 w_2 \text{ odu } \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{w_2}{w_1} \quad (11)$$

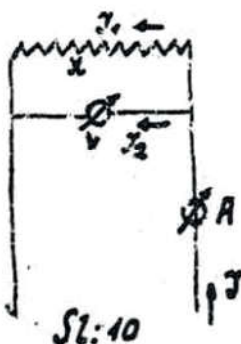
Instrumenta da se ne može sačepkama, da se može poboljšati izolacija svitaka te promijeniti složenosti broj svitaka odu. zavoja w_2 te w_1 .

9. Mjerenje otpora el. strojeva.

a.) otpor namotaja.

1.) Strujna stanja mjerenja. Otpori su obično srednje veličine te mogu biti izmjereni na sljedeće načine.

Mjerenje struje i napona. Provede li struja I na krajovima otpora x otpada napon E se 10, onda je po Ohmovom zakonu $x = \frac{E}{I}$. Voltmetar V sa vlastitim otporom r_v leži direktno na strajkama otpora x . Ampermetar mjeri struju



$$I = I_1 + I_2$$

$$\text{Na kraju } I = I - I_2 = I - \frac{E}{r_v} \text{ sledi}$$

$$x = \frac{E}{y - \frac{E}{r_g}} \quad (12)$$

broj se spoj upotrebi onda, kad je otpor x bitno manji, nego r_g voltmetra. Ako je otpor r_g , tako velik, da se može I_2 napram I_1 zanemariti može se računati po

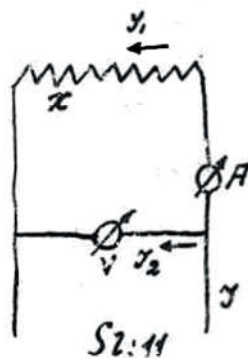
$$x = \frac{E}{y} \quad (12a)$$

Spoj sl. 11. Voltmeter V mjeri napon kao sumu stradanja

$$I_1 x + I_1 r_g$$

t. j. u otporu x te otporu ampermetra r_g . Iz jedn. $I_1 x = E - I_1 r_g$ slijedi

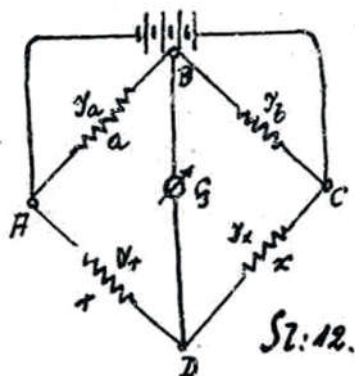
$$x = \frac{E - I_1 r_g}{I_1} \quad (13)$$



boj spoj upotrebi se samo, gdje je stradanje u ampermetru veoma maleno. Može mo stradanje u ampermetru zanemariti; računa se po jedn. 12a. Upotrebi li se kod spoja sl. 10. statički voltmetar, onda ne-

mau korekcije, jer nema voltmetar struje.

Po su najjednostavnije metode. Daje su sposobne sve mala-metode, ali kod ovih nam otklon ka, zalke ne daje nijem otpora. U tom slučaju pribavlja instrument, da smo svo sredstva pravilno odabrali i izjednačili; tako da možemo računati traženu veličinu. Najstarija je metoda Wheatstonovog mosta.



Imamo tri poznata otpora, a četvrti je nepoznat. Spoj su otpori u četverokutu - sl. 12. - U jednu diagon. uklopa se baterija a drugu (most) Gal. vauometar. Ako je most

bez struje onda vredi:

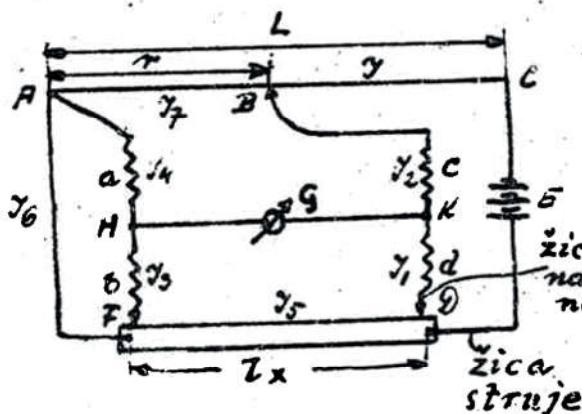
$$a \cdot x = b \cdot r \quad x = r \cdot \frac{b}{a} \quad (14)$$

Otpor $a + b$ uzme se u obliku žice, sonda jedna, kog presjeka $b : a = l_2 : l_1$ (15)

Prema tome uzmemo namjesto razmjera otpora, razmjera dužina. Kaduž ove žice mićemo kontakt. Za ova mjerenja imamo različite sprave: Universalni galvanometar SH, Most H. B. i t. d.

Za veoma male otpore na pr. otpor armature, otpor pojedinih svitaka uzme se Thomson-ov dvostruki most, jer bi sa Wheatstonov-im mostom mjereni male otpori bili radi dovoda pre netočni.

Princip mjerenja je slijedeći sl. 13. AC je žica za mjerenje sa poznatim otporom i koeficijentom temperature. X je traženi otpor a b c d su poznati otpori sa upoređivanjem, koji moraju odgovarati razmjeru $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.



Sl. 13.

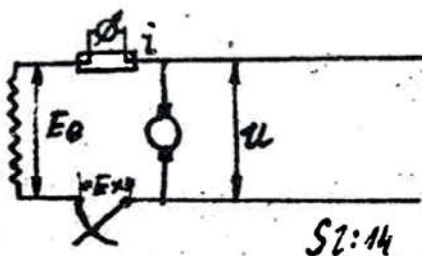
Ako smo razmjere pravilno odabrali, pronademo micaupem kontakta B točku na žici mjerenja, sa koje nema galvanometar struje. U tom je slučaju $\frac{x}{r} = \frac{b}{a} = \frac{d}{c}$ odnosno

$$x = r \cdot \frac{b}{a} = r \cdot \frac{d}{c} = R \frac{AB}{AC} \cdot \frac{d}{c} \quad (16)$$

ako znači R otpor žice AC, x otpor dijela dužine l_x .

2.) Stroj u pogonu. Poredni strojevi, spoj sl. 14. Mjeri se struja te otpadanje Ee, prema tome $R_n = \frac{Ee}{I}$

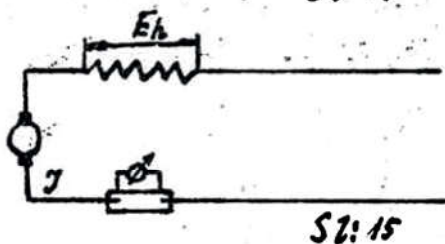
Isto tako može se odrediti otpor u regulatoru R, ako se izmjeri otpadanje ER.



$$R = \frac{E_R}{I}$$

čitavi otpor porednog kruga deske

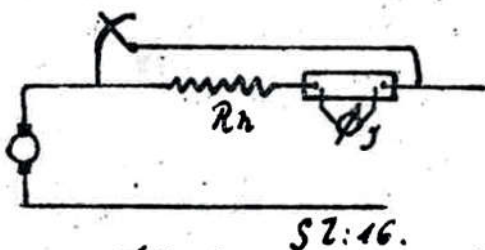
$$R_n + R = \frac{E_k}{I} + \frac{E_R}{I} = \frac{U}{I} \quad (17)$$



Serijski strojevi: Spoj. sl. 15.

Otpor R_n namotaja je

$$R_n = \frac{E_R}{I}$$



Ima li stroj otporna regulaciju i to poredno s namotajem, može se ampermetar spojiti po slici 16., tako da se mjeri samo struja u namotaju, a ne čitavu struju.

Samo struja u namotaju, a ne čitavu struju.

6. Otpor armature.

Otpori su uvijek vrlo mali, mjeri ih se sa Thomsonovim dvostrukim mostom. Za ova mjerenja imaju dvije metode:

1.) Kefice za dovod struje leže na kolektoru, a žice napona k mostu priključuju se na dvije launele, što leže ispod kefice potpornog predvodka. Onda se dobije efektivni otpor armature. Točnost rezultata umanjuje činjenica, da se raspodjela struje na pojedine grane armature nejednolika, ako nije jednak otpor kefice točno jednak (kod paralelnog i serijsko-paralelnog namotaja).

2.) Struja se mjeri dovede se samo do određenih točaka (launela) na koje se priključuju žice napona k namotaju. Imamo nejednoliku raspodjelu. Točke - launela odredi se tako, da se raspodjeli namotaj armature u dvije paralelne polovice. Onda se mjeri $\frac{1}{4}$ otpora elementa armature u seriji spojena. Prema tome vredi: ako je x otpor mjeren,

voj metodi, te ima stroj za paralelnih grana,
onda je efektni otpor armature:

α.) Za jednu dvostranu omotku

$$R_a = \frac{r_x \cdot 4}{(2a)^2} = \frac{r_x}{a^2} \quad (19)$$

β.) Za višestruku dvostranu omotku

$$R_a = \frac{r_x \cdot 4}{m(2a)^2} = \frac{r_x}{m \cdot a^2} \quad (20)$$

ovu metodu može se upotrebiti kod svih namotaja
bez ekvipotencijalnih spojka odn. spojka isjednačenja
bunači li:

p - broj para polova

a - polovinu paralelnih grana

b - kojigod cijeli broj, kojeg sumu sa p ili dije-
lenja mora biti djeliva sa $2p$.

K - broj lamela

S - broj radnih strana rotora na obodu armat.

b_1 - broj odliča za svaku stranu rotora

m - broj zopidnih namot. kod višestruke dvostrane
omotke

y - korak namotaja

y_1, y_2 - dijelomični koraci: ($y = y_1 \pm y_2$)

y_K - korak u lamelama

y_p - potencijalni korak za ekvipotenc. spojke
(spojke isjednačenja)

x - broj, sto ga moramo pribrojiti, početnoj la-
meli, da dobijemo lamelu, koja sa poče-
tnom razdijeli namotaj u dvije jednake
polovice.

nadu li k i y_K zajednički djelitelj m , onda
je omotka m -struko dvostrana. y_1 i y_2 mora-
ju biti lihi brojevi.

Da se pronađe frežena lamela, vrede sljede-
ća pravila:

1.) Armatura bez ekvipot. spojka (sp. isjedn.)

Za posaki namotaj vredi pravilo. Da se dobije lamela, koja razdijeli sa kojim god odabranom lamelom namotaj u dvije jednake polovice, mora se korak u lamelama y_k toliko puta napraviti na kolektoru, kolik je broj polovice svih lamela, F , j $\frac{k}{2}$ puta. —

Napravi li se korak k puta, dođe se opet k početnoj lameli. Za taku odv. lihi broj k izračuna se broj x' , što se mora dodati početnoj lameli.

Taki broj: $x' = \frac{k}{2} y_k$ lihi broj: $x' = \frac{k-1}{2} y_k$ (19)
Ako nije k taki broj, namotaj se ne razdijeli točno u dvije jednake polovice, jer imamo na jednoj strani uvijek jedan svitak više, nego na drugoj. Obično je totalni broj induciranih strana velik, tako, da je mjereni otpor r_x kombinacije $\frac{s+2}{2}$ strana paralelno spoju s kombinacijom $\frac{s-2}{2}$ strana, samo malo različen od otpora $r_{x'}$, koji bi odgovarao točno $\frac{s}{2}$ stranama u svakoj grupi. U ostalom može se $r_{x'}$ izračunati pomoću računera.

$$r_{x'} : r_x = \frac{\frac{3}{2} \cdot \frac{s}{2}}{\frac{3}{2} + \frac{s}{2}} : \frac{\frac{s+2}{2} \cdot \frac{s-2}{2}}{\frac{s+2}{2} + \frac{s-2}{2}} ; r_{x'} = r_x \frac{s^2}{s^2 - 4} \quad (20)$$

Ako je na pr. $f = 2$, $k = 31$, $s = 62$. U jednoj polovici leži 32, a u drugoj 30 strana. Svaka strana ima otpor r Ω . Tada je mjereni otpor $r_x = \frac{32r \cdot 30r}{32r + 30r} = 15,48r$. Ako bi otpor točno razdijelili imali bi $r_{x'} = \frac{31r \cdot 31r}{31r + 31r} = 15,5r$. Kod toga ušli smo u pr. mjera najmanji broj lamela na kolektoru. Ako je $x' < k$, onda je broj x' također frazioni broj x — $x' > k$ mora se k puta subtrahirati, da se dobije x ; n je broj, koji kaže, koliko puta je k cijelobrojno sadržan u x' . n dobijemo prema tome iz korijenita $\frac{x'}{k}$
 k taki broj

$$x = x' - nk = \frac{k}{2} y_k - nk \quad (21)$$

$$\alpha.) y_k = 1 \text{ onda je } x' < \kappa, n=0, x = x' = \frac{\kappa}{2} \quad (22)$$

$$\beta.) y_k > 1 \text{ / lihi broj } ^{\circ} \text{ / , onda je } x' > \kappa \text{ te}$$

$$n = \frac{\frac{\kappa}{2} \cdot y_k - 1}{\kappa} = \frac{y_k - 1}{2} \quad (23)$$

Umetnemo li $n = \frac{y_k - 1}{2}$ u jednu. $x = \frac{\kappa}{2} y_k - n \kappa$
dobijemo

$$x = x' = \frac{\kappa}{2} \quad (24)$$

Prema tome vredi za slučaj α i β pravilo: Za takii broj lamela leže segmenti koji raspolijele namo. Taj u dvije polovine uvijek za polovinu svih la, mela međusobno udaljene, prema tome na promjer

κ lihi broj

$$x = x' - n \kappa = \frac{\kappa - 1}{2} y_k - n \kappa \quad (25)$$

$$\alpha.) y_k = 1 \text{ ili } 2 \text{ onda je } x' < \kappa$$

$$n=0 \quad x = x' = \frac{\kappa - 1}{2} y_k \quad (26)$$

$$\beta.) y_k > 2, \text{ onda je } x' > \kappa$$

$$n = \frac{\frac{\kappa - 1}{2} y_k}{\kappa} \quad x = \frac{\kappa - 1}{2} y_k - n \kappa \quad (27)$$

Ne da li se ova divizija izvršiti, uzmemo n namo cijeli broj t. j. decimale se ignoriše n. pr. $\kappa = 11, y_k = 8$
 $n = 3,63$ prema tome 3. Kako treba ove pilna, držbe upotrebiti neke se vidi iz nekoliko primjera

$$\text{Petljusti namotaj } y_1 = \frac{5 \pm b}{2p} \pm \frac{2a}{p} \quad y = y_1 - y_2 =$$

$$= \pm \frac{2a}{2p} \quad y_2 = \frac{5 \pm b}{2p}; a = p, 2p, 3p \dots \text{jednu}$$

staona, odn. višestruka omotka

$$y_k = \pm \frac{a}{p}$$

κ takii broj

$$n. pr. = 10$$

$$S = 22$$

$$p = 2$$

$$a = 2$$

$$y_1 = 9$$

$$y_2 = 7$$

$$y = 2$$

$$y_k = 1$$

prema 22

$$x = x' = \frac{\kappa}{2} = 5. \text{ Ovdje je ugodno ili brojimo } \kappa \text{ na lijevu ili desnu stranu}$$

*) Za jednostavno zatvoreni namotaj nemaju κ te y_k razdvojenog djelitelja. Ako je κ takii broj, onda mora y_k biti lihi broj. Da dobijemo n cijli broj moramo tvoriti $\frac{y_k - 1}{2}$.

lihi broj na $p = 11$ $S = 22$ $p = 2$ $a = 2$

$$y_1 = 9 \quad y_2 = 7 \quad y_k = 1 \quad \text{pdu 23, 24}$$

$x = x' = \frac{k-1}{2} y_k = \frac{10}{2} \cdot 1 = 5$. Ovdje se dolazi na različne lamelke, koje leže jedna do druge, ako se broji na desnu odnosno lijevu stranu. Rezultat mjerenja će biti isti, ako ne umne se sredinu.

K lihi broj na $p = 11$ $S = 22$ $p = 2$ $a = 2p$

$$y_1 = 9 \quad y_2 = 5 \quad y = 4 \quad y_k = 2 \quad \text{pdu 26.}$$

$x = x' = \frac{k-1}{2} y_k = \frac{10}{2} \cdot 2 = 10$ Točke leže jedna do druge, jer imamo dvostruki namotaj, prema tome polovica i čitavi jednostrani namotaj.

$$\text{Valoviti namotaj } y = y_1 + y_2 = \frac{S \pm 2a}{p}$$

$a = 1$ serijski $a = p$ serijsko-paralelni namot.

$$y_1 \approx y_2 \approx \frac{y}{2} \quad y_k = \frac{k \pm a}{p}$$

K lihi broj na $p = 11$ $S = 22$ $p = 2$ $a = 1$

$$y_1 = 7 \quad y_2 = 5 \quad y_k = 6 \quad \text{pdu 27}$$

$$n = \frac{\frac{k-1}{2} y_k}{k} = \frac{\frac{11-1}{2} \cdot 6}{11} = 2,73 \dots = 2$$

$$x = \frac{k-1}{2} y_k - nk = \frac{11-1}{2} \cdot 6 - 2 \cdot 11 = 8$$

Također ovdje je svejedno na koja stranu se broji broj x .

K lihi broj na $p = 13$ $S = 26$ $p = 3$ $a = 2$ (ser.-par. n.)

$$y_1 = y_2 = 5 \quad y = 10 \quad y_k = 5 \quad \text{pdu 27.}$$

$$n = \frac{\frac{k-1}{2} y_k}{k} = \frac{\frac{13-1}{2} \cdot 5}{13} = 2,3 \dots = 2$$

$$x = \frac{k-1}{2} y_k - nk = \frac{13-1}{2} \cdot 5 - 2 \cdot 13 = 4$$

Višestruko katodreni namotaj: Jednadrže:

$$x = x' - nk = \frac{k}{2} y_k - nk \quad (k \text{ liki broj})$$

$$x = x' - nk = \frac{k-1}{2} y_k - nk \quad (k \text{ lihi broj})$$

mede također ovdje na p .

$$\underline{k \text{ lihi broj}} = 15, S = 30, p = 3, a = 3, y_1 = 7, y_2 = 5, y = 12, y_k = 6$$

K te Y_K imaju najmanji zajednički djelitelj 3, 3 puta katov
reći namotaja; odu. tri katovene namotaja.

$$K = K' \quad nK = \frac{K-1}{2} Y_K - nK = \frac{15-1}{2} 6 - 2 \cdot 5 = 12$$

$$n = \frac{\frac{K-1}{2} \cdot Y_K}{K} = \frac{\frac{15-1}{2} \cdot 6}{15} = 2,8 = 2$$

Sljedeća tabela sadrži sve veličine $K, n,$
za namotaje $a \geq 1$ bez potencijalnih spojaka
Tab. 1.

Namotaj	K	n	n	
Petljasti	tako broj	$\frac{K}{2}$	0	
Valoviti jedu. zat.				
- " - višest. - " -				
Petljasti	lihi b.	$\frac{K-1}{2}$	0	$Y_K = 1$ ili 2
Petljasti	lihi b.	$\frac{K-1}{2} Y_K - nK$	$\frac{\frac{K-1}{2} Y_K}{K}$	$Y_K > 2$
Valov. jeduost. zatvoreni	lihi b.	$\frac{K-1}{2} Y_K - nK$	$\frac{\frac{K-1}{2} Y_K}{K}$	
Valoviti višest. zatvoreni	lihi b.	$\frac{K-1}{2} Y_K - nK$	$\frac{\frac{K-1}{2} Y_K}{K}$	

2.) Armatura sa skrozotenc. spojka.

Kodje su spojke one lamel međusobno spojene,
koje imaju isti potencijal. Udaljenost ovih la-
mela jednaka je potencijalnom koraku Y_K ,
otvor se ne može mjeriti n drena gorećim zo-
lovicama. -

Kod namotaja sa skrozotenc. spojka
je mjereni otvor r_K jednak otvoru armature R
(28)

$$r_K = R_a$$

ako se mjeri otvor na sljedeći način:

a.) Petljasta omotka: Mjeri se skrozotenc.
spojke je $Y_K = \frac{K}{2}$ cijeli broj. Dva struje i napona
dvostrukog mosta leže na lamelama, koje su
međusobno udaljene za $\frac{Y_K}{2}$ odu. $\frac{Y_K-1}{2}$ la-

i to: γ_p , ako je γ_p takvi broj, $\gamma_p - 1$ ako je γ_p lihi broj. Udaljenost može biti također višekratnik toga broja.

b.) Valovit namotaj: Napiet sa sklopoteuc. spoj. je $a > 1 \gamma_p = \frac{k}{a}$ (broj kefica pretpostavimo jednak broj paralelnih grana sa.)

Mjesta suprotne polaritete u kojima se odn. sime struje, su međusobno udaljena za $\frac{k}{a}$ lamela ili višekratnik toga broja. Iz se 2. mjeri otpor spoji se žice dvostrukog nosta na svim keficima suprotne polaritete, koji pokriju jednolično, a lamela. Sve druge kefice se dignu. Tice napona moraju se također do. Ticati ovih lamela. Mjereni otpor je po pd. nadzibi 28: $r_x = R_u$. -

c.) Prelazni otpor.

Na otpor uplivice materijal, struja, pritisak, specifična jakost struje na mjestu prelaza vrsta struje, mjer struje i brzina komutatora. Da se ove prilike usme u obzir, mjeri se prelazni otpor za vrijeme pogona t.j. kod sklopljene armature.

a.) Sve se kefice dignu. Na jedan svornik metne se jedan keficu normalno, jedan izolirano, koji se prisloni. Ona se usme kod normalnog broja okretaja struje $i = I_1 = \frac{3}{4} I, I_1 = \frac{1}{2} I$ (I normalna jakost na svaku keficu.) Polje struje mora biti raskopcano. Mjeri se otpadanje na između oblika kefica. Voltmetar se priključi što bliže mjestu prelaza. Prelazni otpor je onda za svaku keficu:

$$r_k' = \frac{e_u}{2i}$$

Prelazni otpor u pogonu - jer dolazi uvijek
pozitivna i negativna koficijenta u okviru

$$r_u = 2 r_u' = \frac{e_u}{i} \quad (29)$$

1) Umjesto 2x svornika, svakoga s jednom
keficom, dignu se od (2k - 2) svornika kefice,
prekine spoj još ostalih istovremeno kefice.
buda se odredi kao pri otpadanju e_u dviju
kefice kod struje i : $I = \frac{3}{4} I = \frac{1}{2} I$ i to za nor.
malni broj okreta i smjer struje.

broje medij

$$r_u' = \frac{e_u}{2i}$$

Kod k svornika iste polaritete je totalni otpor
želaza

$$r_u = \frac{2 r_u'}{k} = \frac{e_u}{i \cdot k} \quad (30)$$

Kod ove metode rucno ukopčani maleni
dio namotaja armature. Ali otpor toga
djela je tako malen, da ne dolazi u
obzir. Rezultati može eventualno smetati
remanentno žage, koji inducira el. m. silu
u zavojima, što će se između kefice. Upo-
dno je napraviti mjerenje dva puta, i to drug
put sa obrnutim smjerom struje. Aritmetička
sredina je onda pravilna veličina otpora.

d. Otpor kefice.

Za kefice iz kovine je otpor kefice r_{ku} tako
malen, da ne dolazi u obzir; za neke kefice je
otpor nešto veći, jer je specifični otpor veći. Kod
mjerenja tog otpora na stroju mora se paziti, da
se ne mjeri također prelazni otpor. Uopće se mjeri
 $r_{ku} + r_u$ i to tako, da se kod mjerenja sub c.
ohmometar tako priključi, da mjeri također otpa-
danje u kefici. blizina se može staviti:

$$r_u = r_{ku} + r_u \quad (31)$$

2. Totalni otpor.

Ako se nema osoblitih sprava na pr. Thomson-ov most, odredi se totalni otpor armature na sljedeći način.

1) $R_a = r_a + r_m + r_{\Sigma}$; Kod normalnog broja tupa, a neuabustenog stroja, mjeri se napon na stensplemas što ga proizvode nemagnena (U') Teče li struja $i = \frac{1}{2} I, = \frac{1}{3} I, = \frac{1}{4} I$. kroz armaturu, prikazuje voltme. Tar napon $U_1 = U' + I R_a$ Obrne li se smjer struje, onda se mjeri, jer ostane U' isto te $I R_a$ promjeni smjer $U_2 = U' - I R_a$. Iz ovih mjerenja slijedi

$$R_a = \frac{U_1 - U_2}{2I} \quad (32)$$

4. Mjerenje izolacije.

Iako se odabere najbolji materijal za izolaciju, nije moguće postići potpun izolaciju električnih rasporeda. Mjeri li se otpor izolacije r , može se odrediti izga. bljem struji I iz jednadžbe $I = \frac{U}{r}$. Otpor r je dosta. Tan, ako I ne prekorači 1 mili-amp. Kod napona pogona.

Za izolaciju vrede propisi V.D.E S 5.

1.) Svaki raspored jakе struje mora imati odgovarajući otpor izolacije. Mjerenja se moraju obaviti, ako je moguće s naponom pogona, a najmanje s naponom 100 Volta.

2.) Kod mjerenja izolacije istomjernom strujom prema zemlji, polozi se negativni pol izvora struje na vod, kojeg izolacija se mora mjeriti.

3.) Izolaciju rasporeda niskog napona je dosta tna, ako isnaša izolacija svakog dijela među dvjema siguralnicama ili ira saduje siguralnice ponej. manje 1000 Ω puta broj Volta napona pogona [na pr. 220 x 1000 Ω za napon 220 Volta.]

U točki 3 može dakle stvoriti izolaciju totalnog napajanja, što ga može različitih dijelova, biti bitno manji. Praveći otvor je prema tome ovisan za kodir o rasporedu. Veoma veliki odnorno opširni rasporedi unadu više zate veću izgublenu struju nego 0,001 amp. Te ipak sasvim odgovaraju propisima. Usm. tim toga potpuno izolaciju promjenljiv, ovisan o toplini, vlažnosti i t.d.

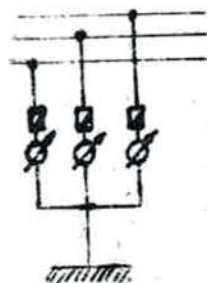
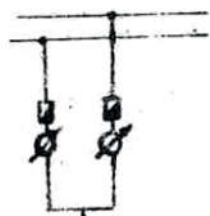
Kod mjerenja moramo razlučiti:

- a.) Ispitivanje izolacije. Ovdje se ide zatim, da se ispita, dali ima objekt ili aparat, stroj i t.d. onu izolaciju, koja odgovara, najmanje propisima.
- 3.) Mjerenje izolacije; kod nam mora dati, što je moguće točniju vrijednost otpora izolacije.
- 4.) Praveći točke pogriješaka t.j. određujući mjesta, na kojim ima izolacija pogriješku.

Kod svih mjerenja izolacije mora se mjeriti izolaciju pojedinih vodova naprama zemlji, te međusobnu izolaciju tih vodova. Da se dobije pravi rezultat mora se iskopčati, odnosno sasvim otkopčati sve grede, kod koje struji, sve žarulje, motore i t.d. Ukopčane moraju biti sve upravljačke, a zatvorene sve preklopke.

α Ispitivanje izolacije.

Ovdje upotrebimo napon mreže i za ispitivanje izolacije osobito baždarenje elektromagnetne ili precizne voltmetre, koje se ukopča između zemlje i voda. Pogriješku izolacije nađemo tako, ako instrumenti nemaju pda u isti (napon) otklon



Sl. 17. Pogriješku ima ovaj vod čiji voltmetar ima manji otklon. Kod rasporeda niskog napona ipak se instrumente tako, da ih se

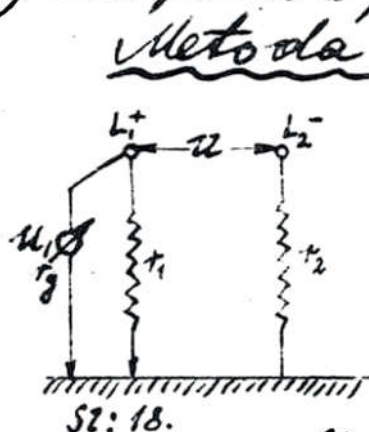
može iskoristiti i uklopiti za njegove mjerenja. Kod razporeda visokog napona upotrebljavaju se statički voltmetri, koji su trajno uklopljeni.

Za ispitivanje vodova, koji nemaju napona upotrebljavaju se galvanoizlopi; to su maleni galvanometri sa iglom, koji odvrata stalnu svitak iz smjera magnetičnog meridijana. Hoće li se mjeriti izolaciju prema zemlji, približi se svitak na vod, a sa drugom krajem na izvor struje (- pol), drugi pol izvora (+ pol) približi se na zemlju.

Izvor struje može tvoriti baterija ili napetost mreže. Za veličine strukturna sljedeći veličina otpora izolacije i to pomoću osobitih tabela, koje ima ovaj takav instrument. Za ova mjerenja možemo također koristiti sprave (Isolation tester) Mjerenje se može također Ohm-metre.

B. Mjerenje izolacije.

1.) Raspored u pogonu



Metoda Strisch. otpori izolacije vodova $L_1 + L_2$ - te totalni otpor prema zemlji su r_1 , r_2 + . Za voltne. From otpora r_0 mjeri se napon mrese U napon U_1 voda $L_1(+)$ te U_2 voda $L_2(-)$ napram zemlji. onda vrijedi $U. 18.$

$$r = r_0 \frac{U - U_1 - U_2}{U_1 + U_2}; r_1 = r_0 \frac{U - U_1 - U_2}{U_2}; r_2 = r_0 \frac{U - U_1 - U_2}{U_1} \quad (23)$$

To sledi iz:

Suma struje voltmetra I_g te izdubljene struje voda, na koji je približen voltmetar jednaka je izdubljenoj struji drugog voda. Voltmetar r_1 , ključimo na $L_1 +$. onda imamo:

$$I_g + I_1 = I_2 \text{ ili jer je } I_g = \frac{U_1}{r_0}; I_1 = \frac{U_1}{r_1}; I_2 = \frac{U - U_1}{r_2}$$

$$\frac{U_1}{r_g} + \frac{U_1}{r_1} = \frac{U - U_1}{r_2} \quad \text{I.}$$

Leži li voltmetar na vodi L_2 (-) onda je $I_g + I_2 = I_1$

$$I_g = \frac{U_2}{r_g} \quad I_2 = \frac{U_2}{r_2} \quad I_1 = \frac{U - U_2}{r_1}$$

$$\frac{U_2}{r_g} + \frac{U_2}{r_2} = \frac{U - U_2}{r_1} \quad \text{II.}$$

Iz jedna I te II. sledi jedna 33. Čitavi otpor - ras, poreda prema zemlji je - otpori r_1 te r_2 paralelno su spojeni -

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \quad (34)$$

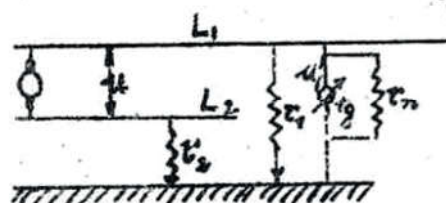
Ako je otpor r_g veoma malen obzirom na r_1 te r_2 , onda vredi približno

$$\frac{U_1}{r_g} = \frac{U - U_1}{r_2} \quad \frac{U_2}{r_g} = \frac{U - U_2}{r_1} \quad r_1 = r_g \frac{U - U_2}{U_2}$$

$$r_2 = r_g \frac{U - U_1}{U_1} \quad (35)$$

Iz toga sledi učenito, da je otpor izolacije jednak, ga voda napram zemlji funkcija napona drugoga voda prema zemlji; tako da može dobiti merilo raspodbe, koja direktno prikazuje otpor (Instrumenti A-E G.)

Metoda Fröhlich Kod ove metode go, lozi se između jednog voda - u sl. 19 L₁ - i zem, lje voltmetar, koji daje napon U_1 . Onda se ukupna poredni otpor r_n , a instrument daje napon U_1' . Iz U, U_1, U_1' te otpora r_g i r_n izračuna se otpore izolaci, je r_1, r_2 i r go jedna dži:



Sl. 19.

$$r_1 = \frac{U(U_1 - U_1')r_n r_g}{U_1'(U - U_1)r_g - U(U_1 - U_1')r_n} \quad r_2 = \frac{U(U_1 - U_1')r_n}{U - U_1'}$$

$$r = \frac{(U - U_1')r_n r_g}{U_1'(r_n + r_g) - U, r_n} \quad (36)$$

Isto kao kod metode Frisch medij takoder i vodi

I. Ako je ukopčan instrument bez prednog otpora,

$$I_1 + I_g = I_2 \quad \frac{U_1}{r_1} + \frac{U_1}{r_g} = \frac{U - U_1}{r_2} \quad \text{I.}$$

II. Ako je ukopčan instrument sa prednim otporom

$$I_1 + I_g + I_n = I_2 \quad \frac{U_1'}{r_1} + \frac{U_1'}{r_g} + \frac{U_1'}{r_n} = \frac{U - U_1'}{r_2} \quad \text{II.}$$

Pripisimo ove jedu, dobijemo jedu. 36. Odaberemo
 $r_n = r_g$ onda vredi:

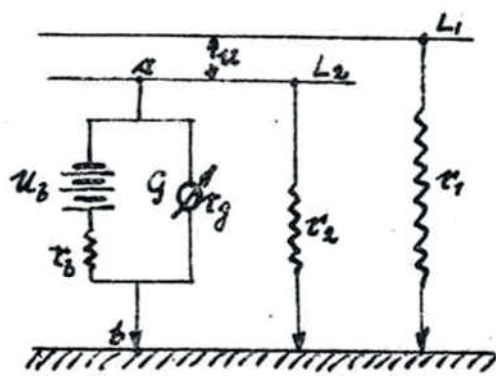
$$r = r_g \frac{U_1 - U_1'}{2U_1' - U_1} \quad (37)$$

Upotrebimo listički voltmetar $r_g = \infty$ te odabere-
 mo r_n tako da postane

$$U_1' = \frac{U_1}{2}, \text{ onda je}$$

$$r = r_n \quad (38)$$

Metoda Bruger Doprivodni sistem. Bateriju



Sl: 20.

napona U_2 sa otporom
 r_2 spajise u seriji s naponom
 mrese U . Neupotrebljeni pol
 otpora r_2 spoju se sa senzorom
 - sl 20 - Poredno k otporu i
 bateriji leži galvanometar.
 r_2 regulira se tako, da galva-
 nometar ne da nklona.

onda vredi: a.) Pisto galva-

nometar nema struje, moraju trike a i b imati
 isti potencijal t.j. potencijal senzor.

b.) Izmedu a i b senzor ima napon mrese U ,
 zognjena struja I_1 sledi iz $I_1 = \frac{U}{r_1}$ (I)

c.) I_1 teči preko r_2 k vodi L_2 natrag. Bateriju
 krize prema tome od struje I_1 u otporu r_2 poure-
 čeno otpadanje $I_1 = \frac{U_2}{r_2}$ II. Iz I i II sledi

$$r_1 = r_2 \cdot \frac{U}{U_2} \quad (39)$$

Če s tem principu konstruirano je "mperilo" izolacije "H" a B.

Vse vodni respored brez voda spojenog sa senkom svi vodovi jednakog napona U . Totalni otpor izolacije + daje nam pdu

$$r = r_b (n-1) \frac{U}{U_b} \quad (40)$$

Kod toga spoji se bateriju U_b te otpore r_b (r_b, r_b, r_b i galvanometer redom sa n vodiča, te regulira otpor tako da galvanometer nema struje. Pojedine struje odrediti se iz napona baterije U_b te otpora $r_{b1}, r_{b2}, r_{b3}, \dots$

$$I_{b1} = \frac{U_b}{r_{b1}} \quad I_{b2} = \frac{U_b}{r_{b2}} \quad \dots \quad I_{bn} = \frac{U_b}{r_{bn}} \quad (a)$$

Uve struje su suma svih struja izolacije $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ minus struja izolacije onog voda koji smo spojili sa pravom, jer nema ovaj vod otpor prema zemlji. (Galvanometer bez struje označi li $r_1, r_2, \dots, r_n$ otpore izolacije pojedinih vodova onda vrijedi:

$$I_{b1} = \left(\frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} \right) - \frac{U}{r_1}$$

$$I_{b2} = \left(\frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} \right) - \frac{U}{r_2}$$

$$I_{bn} = \left(\frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} \right) - \frac{U}{r_n}$$

$$I_{b1} + I_{b2} + \dots + I_{bn} = (n-1) U \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right) = (n-1) U \cdot \frac{1}{r}$$

$$I_{b1} + I_{b2} + \dots + I_{bn} = U_b \left(\frac{1}{r_{b1}} + \frac{1}{r_{b2}} + \dots + \frac{1}{r_{bn}} \right) = U_b \cdot \frac{1}{r_b}$$

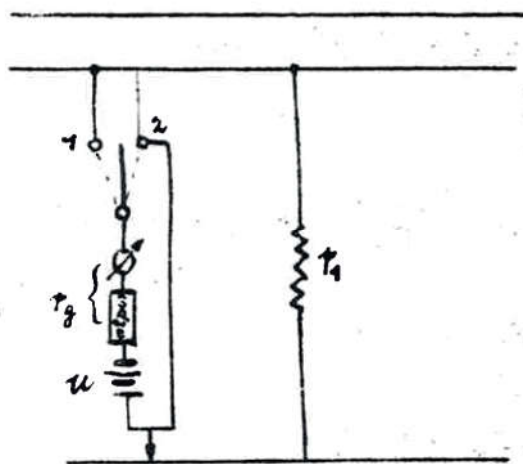
$\therefore \frac{1}{r}$ te $\frac{1}{r_b}$ su odgovarajući rezultirajući otpori:

Iz ovih jednačina, skupiti jednačina 40:

$$r = r_b (n-1) \frac{U}{U_b}$$

6.) Raspored izmjenične struje

Da se izmjeri otpor izolacije naprama zemlji, može se upotrebiti iste instrumente (sa pomoćnim withoutom) i to u vezi sa baterijom. Spoj prikazuje sl. 21.



Sl. 21.

Mjerilo se uklopi između voda i zemlje u seriju sa otporom (standard) od $\sim 100000 \Omega$ te baterijom. Onda se odredi otklon α_g te α_i i to tako, da se položi preklopka prema put na 2, prema put na 1. Označi li r_g otpor instrumenta i otpora, vredi za otpor izolacije

$$r_i = r_g \left(\frac{\alpha_g}{\alpha_i} - 1 \right) \quad (41)$$

Ako je naime C konst. faktor instrumenta, u nape, test baterije, onda imamo

$$y_g = C \cdot \alpha_g \quad y_i = C \cdot \alpha_i \quad y_g = \frac{u}{r_g} \quad y_i = \frac{u}{r_g + r_i}$$

prema tome $\frac{y_g}{y_i} = \frac{\alpha_g}{\alpha_i} = \frac{r_g + r_i}{r_g}$

iz koje poudažbe sledi (41)

Otpor mjerila i otpora mora biti tako velik, da može mjerilo struju prenatati. Zna li ras. pored visoki napon, preklopa se mjerilu pri tomjač. U rasporedu trofazne struje sa nul-rodnom, koji je spojen sa zemljom, ova se mjerenja ne mogu praviti sa vrijeme pogona.

2. Raspored izvan pogona

Mjerenja se vrše istom mjerilnom strujom. Mjerila su precizni instrumenti (s pomoć withoutom)

Ponajprije se odredi napon U (otklon α_g) izvora struje. Onda se spoji positioni pol baterije sa zemljom, a neglioni preko instrumenta sa onim vodom, kojemu hoćemo mjeriti otpor izolacije. Otklon α_1 . Za proračun vrijedi jednačina.

41. N. P.

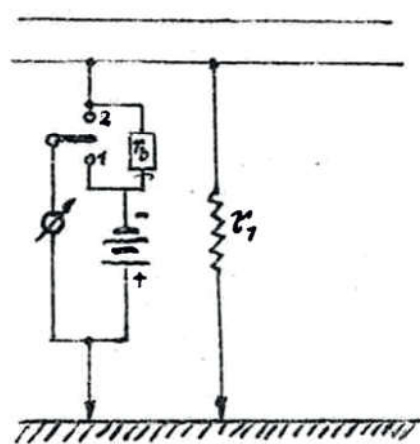
$r_g = 40000 \Omega$, napon izvora struje $\alpha_g = 21 = 440V$. Kod mjerenja dobili smo za vod 1 otklon $\alpha_1 = 20V$, za vod 2 otklon $\alpha_2 = 10$ Volta.

Iz ovih mjerenja slijedi:

$$r_1 = r_g \left(\frac{\alpha_g}{\alpha_1} - 1 \right) = 40000 \left(\frac{440}{20} - 1 \right) = 40000 \cdot 21 = 840000 \Omega$$

$$r_2 = 40000 \left(\frac{440}{10} - 1 \right) = 40000 \cdot 43 = 1720000 \Omega$$

3.) Upotreba statičkih voltmetara.



S7.22

Vod, kojega hoćemo ispitati spoji se jednoiznosno otpora r_g sa baterijom i senzom. Mjeriti se mora dva puta.

Jednokrat leži preklopka na 1, a drugi put na 2. U obim slučajevima p straja, koja teče preko r_1 , baterije i r_g jedna je ista I . Za napona što ga prikazuje mjerilo sli-

jedi

$$U_1 = I(r_g + r_1) \quad U_2 = I r_1$$

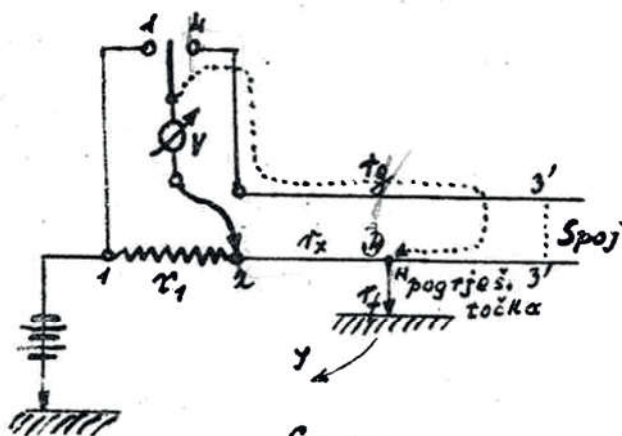
$$r_1 = r_g \cdot \frac{U_2}{U_1 - U_2} \quad (42)$$

Da se dobije dostatnu razliku $U_1 - U_2$, mora se odabrati r_g dostatno veliko

4. Određivanje pogriješne točke u vodu.

a.) Metoda otpadajućeg napona. - Spoj po shi-

23. Početak voda (kabel) sa pogriješkom spojen



Sr. 23.

je u seriji sa otporom r_1 i baterijom. Drugi pol baterije leži na zemlji. Krajove voda natrag /3' 3'/ spoji se međusobno. Voltmetar velikog otpora mjeri 1.) otpadanje E_1 na otporu r_1 između 1 i 2:

$$E_1 = I \cdot r_1$$

2.) E_x između 2 i 3 $E_x = I \cdot r_x$

Kod toga je r_x otpor voda od točke 2 do pogrišne točke. Ovdje moramo zamisliti, da možemo i padanje prouzročeno od male struje, koje teče kroz voltmeter između 4 i 3 računavati, tako da odgovara E_x otpadaju, što ga prouzroči pogrišna struja I_1 , koja teče kroz točku pogrišne u zemlji. Buda vredi:

$$r_x = r_1 \cdot \frac{E_x}{E_1} \quad (43)$$

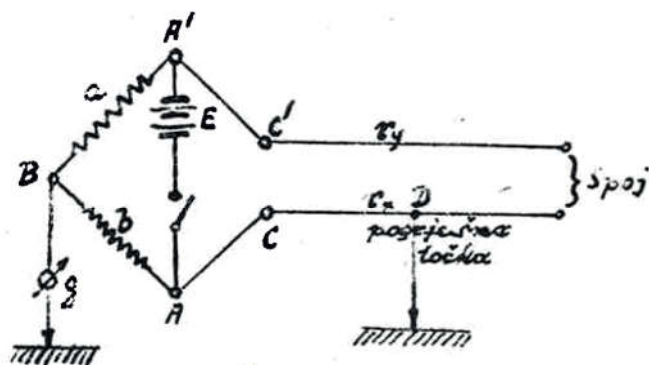
Ugodno je napraviti neki broj mjerenja te uzeti mediju vrijednost. Ako se ne može do voda, koji ide natrag, mjeri se onda E_1 zatečenjalukom dife. reucio E_2 između 2 i zemlje, E_3 između 3' i zemlje /: 3' je svjetak voda tamo, u kojem se voda nalazi pogrišna točka:)

Ako je r_2 otpor između pogrišne točke i zemlje, buda vredi:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_1}{r_x + r_2} \quad \frac{E_1}{E_3} = \frac{r_1}{r_2} \quad r_x = \frac{E_2 - E_3}{E_1} \cdot r_1 \quad (44)$$

/: Zauzmavimo li struju galvanometra, ima točka 3 napon točke 4:)

3) Metoda petlje. - Murray. Spoj po slici 24.
Krajnje pogrešnog voda spoji se s kra-



S. 2. 24.

ćim spojim sa AC, odnosno A'C'. Galvanometar leži između B i zemlje; preko nje zatvori se struja mosta γ_0 sa pogrešnom točkom D. Ova točka razdijeli struju voda u dijelove r_x te r_y . Iz r_x te r_y

pronaste se lahko pogrešno mjesto, i to na sljedeći način:

a i b se ispiduaci tako da $\gamma_0 = 0$

$$r_y : r_x = a : b$$

onda se mjeri otpor $r_x + r_y = r'$ voda tamo i natrag

$$r_x = \frac{b}{a+b} \cdot r' \quad r_y = \frac{a}{a+b} \cdot r' \quad (45)$$

4.) Metoda Varley. - Spoj po slici 24.

Između A i C ukopu se otpor r te naćini sljedeća mjerenja:

1.) Galvanometar se položi između B i zemlje. a i b se ispiduaci tako, da galvanometar nema struje. onda vrijedi

$$a : b = r_y : (r_x + r)$$

2.) Galvanometar se položi na toćku B i C te opet ispiduaci:

$$a_1 : b_1 = (r_x + r_y) : r$$

$$r_x = \frac{a_1 b_1 - a b_1}{(a + b) b_1} r \quad (46)$$

5.) Metoda mjerenja izolacije akumu. baterije prema zemlji.

Ponajprije spoji se redom svaki pol baterije sa

rezuljom preko siguralnice maleene struje.
 Ako izgori siguralnica, izolacija je pogrešna.
 Postane li sigurala u redu, onda se spoji struja,
 mjer maleenog otpora između pola i zemlje. Te
 mjeri struju I_1 za prvi I_2 za drugi pol. Struja
 I_1 odnosno I_2 sadržavao onda sve djelomične stru-
 je, što teku kroz n elementa napona e
 (za svaki element) k zemlji. Zamislimo
 li otpadajući u strujomjeru, onda vrijedi:

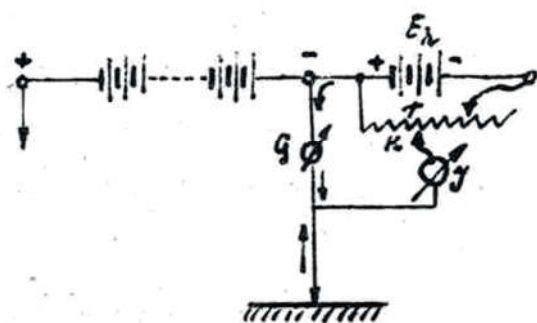
$$I_1 = \frac{e}{R_1} + \frac{2e}{R_2} + \dots + \frac{(n-2)e}{R_{n-2}} + \frac{(n-1)e}{R_{n-1}} + \frac{ne}{R_n}$$

$$I_2 = \frac{ne}{R_0} + \frac{(n-1)e}{R_1} + \frac{(n-2)e}{R_2} + \dots + \frac{2e}{R_{n-2}} + \frac{e}{R_{n-1}}$$

$$I_1 + I_2 = ne \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) = E \cdot \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{E}{I_1 + I_2} \quad (47)$$

Da vidike otpor R mora se uzeti strujomjer redoga
 otpora za maleene struje I_1 te I_2 . Prekorači li
 otpadajući zbog toga otpora 95% E , onda se
 napravi spoj po slici 25.



S7.25

Pomoćna baterija
 E_n je u seriji sa stru-
 jomjerom, a galvanome-
 tar je redno spojen sa
 rezuljom. Pomoću mi-
 ca K ili promjene
 otpora (R) + može se
 postići da galvanometar

nema struje. Onda je priključen pol (u slici
 - pol) istoga potencijala kao zemlja. Kroz stru-
 jomjer teče struja I_1 . Ako nemamo galvanometar
 onda usmeno poklopu. Kod otvaranja i zatva-
 ranja ne smije se I_1 promijeniti.

Na isti način mjeri se drugi pol, te dolje
 struja I_2 , otpor R računa se konačno po jed. 47.

5. Primanje karakteristič krivulja.

A. Generator. Vidi VI. — Osim tako spomenutog
nijedi još slijedeće:

x.) Položaj kefice. Stropovi s pomoćnim polovima
kefice sa svaki teret u neutralnoj zoni.

Stropovi bez pomoćnih polova / postta komutacija
Neutralna zona odmakne se tim više iz neutralnog
položaja, čim je veće opterećenje, i to u smjeru
unatrag. Da se dobije dobru komutaciju, mora se
kefice u pripremačnom smjeru odmaknuti i
to još nešto dalje, nego to odgovara neutralnoj
zoni. Za svaki teret imaju kefice neki najpogod-
niji položaj. Ali u praksi se ne mogu navedati
kefice uvijek prema teretu, stoga ih se odmakne
toliko, da stroj komutira najbolje za $\frac{2}{3}$ Tereta.
Tada dobar stroj radi bez iskara sa svak-
om i sa punim teretom.

3.) Navedenovanje neutralne zone.

1.) Stroju se daje nezavisno uzbudjenje do
statne jakosti. Kod konstantnoga broja okre-
taja i uzbudjenja — Teret = 0 — miču se
kefice samo i tako, dok se ne pronađe po-
ložaj u kojem prikazuje na stenskoj prikazi-
ću voltmetar najveću napetost.

2.) Obična je metoda, koja radi induktivnim
zuteu. Stroj je kod toga u stanju mirovanja
zate — nezavisno — slabo uzbudeno. Ke-
fice se miču samo i tako, dok se ne pronađe
položaj, u kojem voltmetar spojen s keficama
ne pokazuje nikakvog odklona, ako se
momentano mijenja jakost struje magne-
tisanja.

3.) Promjena napona. §§ 70-71 zopisa

R. E. M., koji dolaze ovdje u okvir glasi: Promjena napona kod zorednog generatora i generatora sa neravnom usbuđenjem čini povišenje napona, ako se prelazi od vrhaćnog tereta na nosile, čiji letet.

- 1.) kod broja okretaja, jednakog označenom
- 2.) kefice u položaju, koji odgovara označenom teretu.
- 3.) kod vlastitog usbuđenja ostane otvor, a kod neravnog usbuđenja struja magnetiziranja konstantna.

Kako treba promjene odrediti vidi VI - C

Za veličinu ove promjene vidi:

neravno usbuđenje	vlastito usbuđenje
bez pomoć. pol. 8-12 %	15 - 20 %
sa pom. pol. 6-10 %	10 - 15 %
turbogeneratori 5-8 %	8 - 12 %
komp. generatori $\approx$ 0 %	

B. Motori. Vidi VI - 3. briu tamo spomenutog vredi još slijedeće:

a) Neutralna zona. Naraćanje kao kod generatora. Odnakun se kefice proti smjeru vrtnje, raste nešto broj okretaja. Odnakun li se kefice u smjeru vrtnje, onda pada broj okretaja, jer sudući savoji armature podupiru glavno polje. Ima li motor pomoćne polove, liše kefice u neutralnoj zoni. Za povećanje stabiliteta može se kefice odnakunuti iz ovoga položaja po $\frac{1}{2}$ do 1 segment u smjeru vrtnje. Ali kod motora što promjene u pogonu smjer vrtnje moraju kefice biti u neutralnoj zoni.

β.) Stabiliteta motora. Gdje dolaze osobito u okvir motori sa neravnom usbuđenjem i po, redni motori t.j. motori, koji imaju kod

konstantnoga napona steraljka u konstantnu struju usbudenja. Iz jednačine II-57-60. slijedi, ako stavimo $C_1 = \frac{E_a}{C}$

$$n = \frac{u - I_a R_a}{C \cdot \phi_a} \quad (48)$$

C je konstantni faktor.

Iz ove jednačine slijedi, ako se motor jače optereći:

- 1.) $E_a = u - I_a R_a$ postane manji: broj pada
- 2.) ϕ_a postane manji radi većeg protudijelova, npr. armature d.j. broj raste.

Promjene su lakše protivne. Motori sa velikim otpadanjem napona će npr. sa teretom umanjiti broj okretaja. Povišenje samo onda reultirati ako je protudijelovanje armature veoma jako. Jako usbudenim strojevima uati će padanje broja okretaja, a slabo usbudenim porast broja okreta. To se može dogoditi kod motora sa velikim brojem okretaja odno, sno s velikim oprezom regulacije.

Da se isпита dali je motor dostatno stabilan - t.j. motor neomije povišiti broj okretaja, ako se teret nešto poveća iznad normalnoga - napravi se slijedeći pokus:

Motor se okrene normalnim brojem okretaja te normalnim teretom. Onda se teret poveća za približno 25%. Ako je motor stabilan broj okretaja pada. Još je pokus irritirati, ako se odabere broj okretaja 5-10% iznad normalnoga.

8.) Moment raket (tuzug. moment) D_a

Da odreditivati veličine D_a služi apar, rat na slici 26. Remen se pričvrsti na remen, nica i vagu na zero. Ovdje vrijedi:

$$D_a = P \cdot \frac{d}{2} = Q \frac{d+d'}{2} \quad (49)$$



Sl. 26.

P je radiusa obodua sila na reneuci promjera d .

Q je vlačna sila pera, koja djeluje na zolugi $\frac{d+d'}{2}$
 d' debljina reneua ili konopa
 P i Q u kg, d i d' u m, onda je D_a u kgm.

Kod ovoga mjerenja mora se također uzeti silu trenja P_r , koja je uvijek suprotna

smjeru okretanja. Q se prema tome odredi iz dviju mjerenja.

1.) Armaturu se miče nešto u smjeru istnje mašine, te onda ipusti, tako da pero povuče armaturu natrag. Tada daje vlačnu silu Q , koja je za P_r veća, dakle

$$Q_1 = Q + P_r$$

2.) Armaturu se miče nešto u suprotnom smjeru. Obodua sila P vuče armaturu opet u početni položaj, ali ne savim. Tada daje sada Q_2 , koji je manje, nego Q i to za P_r

$$Q_2 = Q - P_r$$

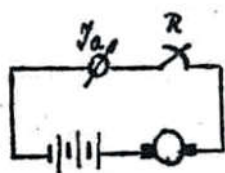
Konačno shijedi

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad P_r = \frac{Q_1 - Q_2}{2} \quad (50)$$

Mjerne veličine ovise su također o položaju armature, jer armatura trasi uvijek onaj položaj u kojemu je magnetični otpor najmanji. To se osobito opara kod strojeva sa malim brojem okretanja.

Sporovi. Motori su nezavisni i zoredni uobudicijem. — U obim slučajevima usue

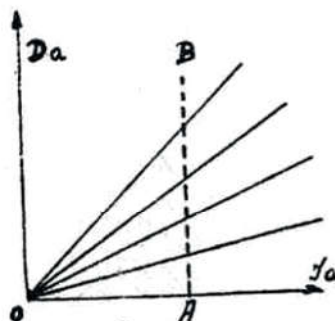
ne navedeno urbuđenje, spoj je po slici 27. Pošto je armatura u stanju mirovanja, nemamo in-
ducirane el. m. sile, potrebni napon izvora je
prema tome malen.



Sr. 27.



Otporom R navedena
se potrebna urbuđenja
struju u armaturu.
Kofee je moment
vlakla proporcionalan
produktu iz jakosti
struje I_a te toka ϕ_a .



Sr. 28.

ovakve li C konstantu
faktor onda vrijedi

$$D_a = C \cdot I_a \cdot \phi_a \quad (57)$$

Mora se načiniti sljedeća mje-
renja:

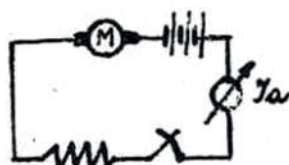
1.) Struja urbuđenja i je kon-
stantna, a I_a se promijeni
do približno dvostruke ozna-
čene struje; α se mjeri, kako
je to prije rastumačeno. D_a
se izračuna te se dobije

$$D_a = f(I_a); i = \text{const.}$$

Ista mjerenja napravi se također za druge
struje i te dobije različite krivulje - sl. 28. -
jer je za svaku krivulju i konstantno, pro-
čarak je ovih krivulja skoro ravan. Kod
velikog zasićenja počinje protudijelovanje utlovi-
sati, tako da ove krivulje nešto padnu.

2.) I_a je konstantno, a mjenja se i . Ove kri-
vulje može se također dobiti iz prvih. Sve
vrijednosti za konstantno I_a leže za različite
struje i na okomici AB sl. 28.

Serijski motor. Spoj po slici 29. Primanje
je kao i prije, jer je struja armature ista,



Sr. 29.

meuuo takoder struja magnetiziranja dobijemo za D_a - dok meuamo velikog rasti, čenja - približno kvadratični polarak, koji postane linearni od $\sim 4/3$ označene struje manji.

Kompandui motori kao serijski, zoredui namotaj dobije neravnomernostu.

5.) Struja upustanja. Upustanj mora biti ovako, da se nema jakih udaraca struje. Razmjer struje upustanja / maksimalna struja nesmije prekoračiti sljedeće vrijednosti:

označeno djelovanje KW 1,5 ÷ 5 5 ÷ 100

$\frac{\text{Struja upustanja}}{\text{označena struja}} = 1,75 \quad 1,6$

6. Stepen djelovanja.

oznajući li N_z dovedeno, N_a odvedeno, a N_v za gubitke trošeno djelovanju ($N_v = N_z - N_a$) onda je stepen djelovanja η' jednak kvocijentu odvedeno djelovanju. Obzirom na to da se mjeri direktno N_a i N_z ili jedan od tih veličina, te gubitke N_v moramo razlučiti sljedeće mogućnosti:

1.) direktno mjerenje stepen djelovanja $\eta' = \frac{N_a}{N_z}$ (52)

2.) indirektno - " - " - " - $\eta' = \frac{N_a}{N_a + N_v} = \frac{N_z - N_v}{N_z}$

Za direktno mjerenje može se upotrebiti sljedeće metode:

a.) mjerenje djelovanja

b.) kočenje

f.) opterećenje

Za indirektno mjerenje:

d.) djelovanje uatrag

e.) određenoj poziciji gubitaka.

Proe tri metode suadu neupodun strau, da su potrebne velike energije, da poprisko kod mjerenja ili u instrumentu jako uplivia na rezultat. Ako je na n. popriska 2%, dobijemo stepen djelovanja sa 2% nepravilno. Mjerenja moramo poena tome miti sa osabito m porosno. Dabit ovih metoda je taj, da se urauna pr gubitke.

Indirektno mjerenje je upodunije, jer ne troši mnogo energije. Pokriti se mora samo gubitke. bnu toga nemaju poprisko u mjerenju veli- cine N_0 velikog upliva. Ako je na n. $N_0 = 10\%$. N_2 to N_0 poprisko $\pm 2\%$ ili sa $(0,1 \pm 0,1 \cdot 0,02)$. N_2 onda unauo efektioni stepen djelovanja 99, odnosno 90%, je mjerenje η' sa $\pm 2\%$ poprisko.

$$\eta' = \frac{N_2 - N_0}{N_2} \cdot 100 = \frac{N_2 - (0,1 \pm 0,1 \cdot 0,02) N_2}{N_2} \cdot 100$$

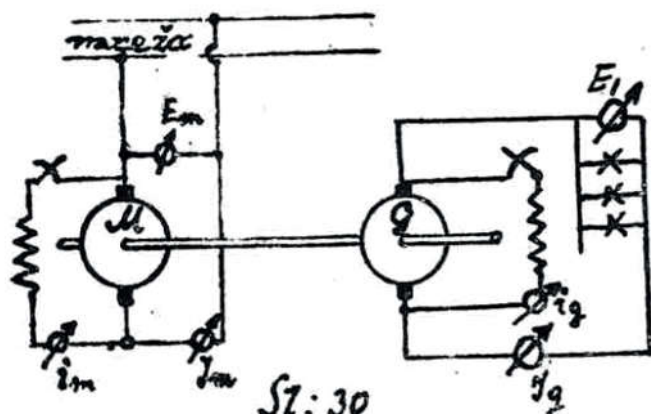
$$= 99,8 \text{ ods. } 90,2\%$$

To je urak, da popis kaō:

Stepen djelovanja je po stepen, kojega se indirektnim putem izvrsi. Direktno se odredi samo sa struje, kod kojih je reslika između dovedene i odvedene struje tako velika, da ne dolazi poprisko u mjerenju u okvir.

2.) Mjerenje djelovanja.

Dovedenu i odvedenu djelovanje mjere se elektri- nim mjerilima. Ovaj metodu može se upotrebiti kod



motor-generatora
odnosno petrovaraia.
Slika 30. prikazuje
Mreža kravi motor
(indeks m), generator
(indeks g) radi na

stroje, barube i t. d. -

Motora dovedeno djelovanje p' $N_{2m} = E_m \cdot I_m$

od generatora dovedeno $N_{2g} = E_g \cdot I_g$

Titulu stepen agregata

$$\eta' = \frac{N_{2g}}{N_{2m}} = \frac{E_g I_g}{E_m I_m} \quad (53)$$

Stoće li se upornati stepen ^{potrošnje} za jedinik stroja, mora se točno upornati stepen djelovanja ^{potrošnje} dijela agregata i. j. ili motora ili generatora. Ina li jedan ili dva stroja, razvirovno ustrojenje, mora se još upornati, gubitke u namotaju kao određenu energiju

β.) Kocenje.

Podje se mjeri mehaničko djelovanje barunom ili dinamometrom, električno se električnim mjeri. Lima. Pru metodu upotrebi se sa malene mot. i generatora, koji mogu se raditi kao mot. i generatori. Potrebno je u tom radu prilično odabrati razmjere tako, da p' električno, magnetično i mehaničko opterećenje motora go mogućnosti sto manje različi od onih veličina, kao i vrijeme sa plućaj, da radi stroj kao generator.

Radi li stroj sa neregiranjem ili vlastitim ustrojenjem jeduput kao generator, drugiput kao motor sa istim naponom strajka, a odabere li se da go opterećenje tako, da pod stroja, sto radi kao generator predano djelovanje $N_{2g} = E \cdot I_g$ jednako od stroja, sto radi kao motor predanom mehaničkom djelovanju $N_{2m} = \eta_m \cdot E \cdot I_g$, onda vrijedi sljedeće:

Polje je u obiru plućajstva isto. U armaturi inducirana el. m. sila je kod motora manja, nego kod generatora. Stoga ima motor manje gubitke željeza i manji broj okretaja.

Pretpostavili smo:

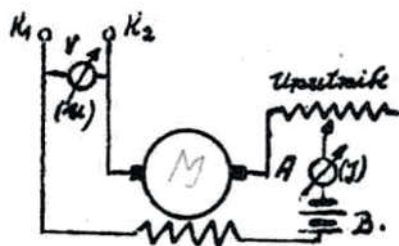
$$N_{am} = N_{ag} \text{ ili } \eta'_m \cdot I_m \cdot E = I_g \cdot E = \text{ ili } \eta'_m \cdot I_m = I_g \quad (34)$$

Jer je $\eta'_m < 1$, mora struja motora biti veća, nego struja generatora. Stopa rada stroja kao motor opet veća putitke radi gubljenja topline. Uzmemo li prema tome sve navedeno u obzir, možemo kasati, da su uopće čitavi putici u obzir shvaćeni, ma isti. Bez velike pogreške medij prema tome stepen djelovanja motora, također onda, kad radi motor kao generator i obrnuto.

Za sumaciju dva principa:

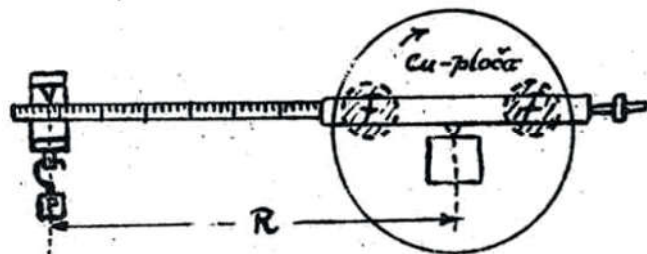
1.) Serijski motor.

Da istražimo odnosa j elektromotora uzmemo na pr. kočnicu sa vrtloživim strujama. Slika 31. prikazuje shemu spoja. U krug baterije ili kognjapod izvora istosmjernog strujanja ukopčamo reopemetar A, koji mjeri jakost struje I , te voltmetar V , koji mjeri napon U na steraljka. Otpor nam služi sa uputstvu motora, koji tjera bahnom ploču kočnice - sl. 32. - Ploču kočnice magneti F i F' .



Sl. 31.

Za probu otvori vrh magneta služi oslabiti izvor struji koji u slici nije otkazan.



Sl. 32.

Mjeri se napon steraljka U , ja, broj okretaja n , kod kočnice teret P , pripadajuća polupa R te broj okretaja n_2 , prona se dakle sve potrebne veličine.

Otpor $R_1 + R_2$ ismeđu K_1 i K_2 mjeri se pomoću

struji i napona. Armatura se ne smije kod toga pomicati, a čitači otpor se upartavaju p. ukupno. uprene vrijednosti su bile na pr.

$$U = 11,6 \text{ Volta}; I = 6 \text{ Amp.}$$

$$R_a + R_z = \frac{U}{I} = \frac{11,6}{6} = 1,93 \Omega$$

Onda se priključi voltmetar tako, da mjeri samo spadajući u namotaju magnetsa i to u hladnom stanju. Dobili smo na pr. $\frac{5,9V}{6A} = 0,983 \Omega$. Po dovođenom kretanju ponovimo mjerenje otpora $R_a + R_z$ te R_z . Dobili smo na pr. $R_a + R_z = \frac{13,7V}{6A} = 2,28 \Omega$. $R_z = \frac{6,6V}{6A} = 1,1 \Omega$. Srednja vrijednost je onda za $R_a + R_z = \frac{1,93 + 2,28}{2} = 2,1 \Omega$. Veličine za R_z upotrebimo za izračunavanje porasta temperature.

Jer je $R_{zt} = R_{z0} (1 + \alpha t)$ slijedi

$$t = \frac{R_{zt} - R_{z0}}{\alpha \cdot R_{z0}} = \frac{1,1 - 0,983}{0,004 \cdot 0,983} = 30^\circ C$$

Rezultate kretanja sadrži sledeća tabela 2. pod oznakom, "mjerene vrijednosti".

br. pokusa	Mjerene vrijednosti						Izračunane vrijednosti						$N_a = E_0(t - t_0)$
	U	I	P	R	motor R_1	kretanje R_2	E	U _I	E _I	N_a	η	η_1	
1	64	2,1	0	—	3470	—	59,4	140	130	0	0,93	0	0
2	64	6,2	0,25	0,45	1480	1860	57,3	390	316	108	0,86	0,534	210
3	64	7,1	0,25	0,57	1390	1660	49,3	450	345	245	0,77	0,544	241
4	64	8,1	0,375	0,48	1260	1560	46,7	525	384	287	0,73	0,547	285
5	63	9,6	0,375	0,64	1100	1365	42,9	605	412	337	0,68	0,557	322
6	64	10,7	0,5	0,57	1020	1250	41,6	690	445	368	0,65	0,534	358
7	64	12	0,5	0,68	940	1140	38,8	770	465	402	0,61	0,48	384
8	64	14	0,75	0,57	800	970	34,6	890	485	427	0,54	0,48	412
5a	64	9,6	0,375	0,64	1125	—	43,9	615	422	344	0,68	0,56	329

Poznatu nam je da postane kod nepravilnog momenta utječe R jakost struje I sabor konstant.

Samostalni efekt raste prema tome proporcionalno brzini okretaja. Pošto odgovara konstantnoj jačini, struja određena (jačina) vrijednost tako ϕ , mijenja

$$E_1 : E_2 = n_1 : n_2$$

Pomoću ove relacije možemo sa zadanim udjelom n_1 , izračunati pripadajuću vrijednost n_2 , koja odgovara d. m. sili E_2 . Time možemo pri provođenju naših pokusa reducirati, na konstantnu napetu U . Kao primjer pokus br. 5.

$$1.) E = U - I(R_{ot} + R_n) = U - 2,1 I = 63 - 2,1 \cdot 9,6 = 42,9 \text{ V}$$

$$2.) U \cdot I = 63 \cdot 9,6 = 605 \text{ W}$$

$$3.) E \cdot I = 42,9 \cdot 9,6 = 412 \text{ W}$$

4.) N_k kod kočnice primjenjuje se efektivna vrijednost, tj. ako je P_w realna vrijednost sila utrošene struje, R_w udjelovost hvatista od medine, on onda je moment utrošice $P_w \cdot R_w$ te primjenjuje

$$N_k = P_w \cdot 2 \cdot R_w \cdot \pi \cdot \frac{n_2}{60} \quad \left| 2 R_w \cdot \pi \cdot \frac{n_2}{60} = \text{puta} \right|$$

gdje je $P_w \cdot R_w = P \cdot R$ sila, isto kao unutrašnja P_u kod I_e R_u metrima

$$N_k = \frac{2\pi}{60} \cdot R \cdot P \cdot n_2 = 0,1046 P \cdot R \cdot n_2 \text{ mkg/sec (55)}$$

Ako želimo silama dobiti:

$$N_k = \frac{0,1046}{75} \cdot P \cdot R \cdot n_2 = 0,0014 P \cdot R \cdot n_2 \text{ PS (56)}$$

Hoćemo li imati kočni efekt u vatima, možemo mkg muniti sa 9,81, prema tome

$$N_k = \frac{2\pi \cdot 9,81}{60} \cdot P \cdot R \cdot n_2 = 1,03 \cdot P \cdot R \cdot n_2 \text{ W (57)}$$

A na kraju je dakle primjeru:

$$N_k = 1,03 P \cdot R \cdot n_2 = 1,03 \cdot 0,375 \cdot 0,64 \cdot 1365 = 337 \text{ W}$$

$$5.) \eta = \frac{E \cdot I}{U \cdot I} = \frac{412}{605} = 0,68$$

$$6.) \eta' = \frac{N_k}{u \cdot I} = \frac{337}{10} = 0,557$$

Upricuemo smo vrhovi kod napona 63 Volta, ali kod svih drugih pokusa bio je napon 64 Volta. Bilo bi ipu našem primjeru također nepotrebno 64 Volta namjesto 63, to kod istoga momenta rotacije, onda bi imali struju 9,6 Amp., ali el. m. silu $E = 64 - 9,6 \cdot 2,1 = 43,9$ Volta. Razmjer $E_1 : E_2 = n_1 : n_2$ t.j. $42,9 : 43,9 = 1100 : x_2$ (E2) da bi se pripadajući broj $n_2 = 1125$. Korisni efekt raste proporcionalno sa brojem okretaja, prema tome

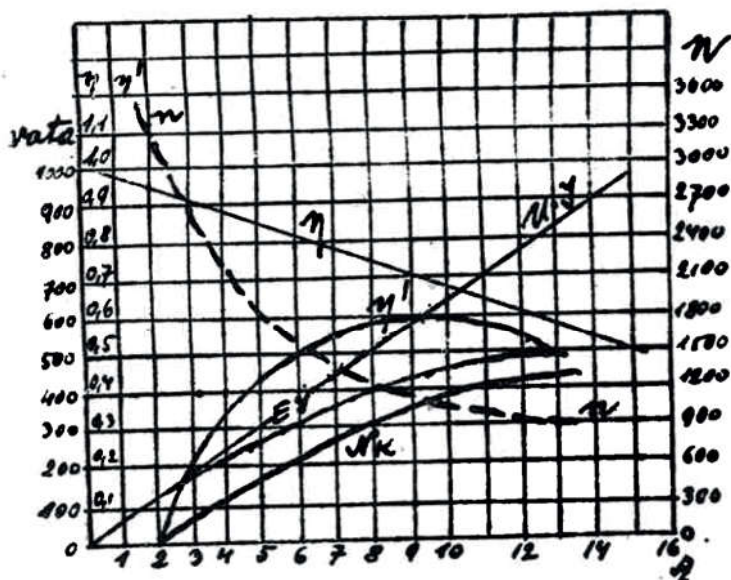
$$N_k = 337 \frac{1125}{1100} = 344 \text{ vata}$$

$$u \cdot I = 64 \cdot 9,6 = 615 \text{ vata}$$

$$\eta = \frac{422}{615} = 0,688$$

$$E \cdot I = 43,9 \cdot 9,6 = 422 \text{ vata}$$

$$\eta' = \frac{344}{615} = 0,56 \text{ /vidi sa Tab. 2./}$$



Sr. 33.

Rezultate, reducirane na konstantan na, pon na 64 Volta urucamo u slici 33 kao ordinu, tu razlicitih krivulja. Za svaku od njih se broj okretaja ili konstantni efekt ili jakost struje. U slici 33. tri su abscise jakost struje, sve druge velicine to su ordinatu popodizivih

krivulja. Za efekt i stepen djelovanja videti napise na lijevoj strani, za broj okretaja napisi na desnoj.

Maksimalni korisni efekt imamo, ako je struja anuature $I = \frac{U_0 + i_0}{2}$ t.j. $I_0 = \frac{64}{2,1} = 30,4$ A $i_0 = 2,1$ A

$$Y = \frac{30,4 + 2,1}{2} = 16,25 \text{ A}$$

$$E = 64 - 2,1 \cdot 16,25 = 29,875 \text{ V}; N_k = E(Y - i_0) = 29,875(16,25 - 2,1) = 422 \text{ vata}$$

$$\eta' = \frac{422}{64 \cdot 16,25} = 0,406$$

Maksimalni stepen djelovanja traži struju $Y = I_0 = \sqrt{30,4 \cdot 2,1} = 8$
 onda je $E = 64 - 2,1 \cdot 8 = 47,2 \text{ Volta}$ $N_k = E(Y - i_0) =$
 $= 47,2(8 - 2,1) = 278 \text{ vata}; \eta'_{\max} = \frac{278}{512} = 0,544$

2.) Poredni motor. Kočeni se uži na isti način.
 Poredni je ako se osim struje Y u vanjskom krugu
 imaju također struja im i magneta. Električni stepen
 djelovanja slijedi iz formule

$$\eta = \frac{E \cdot Y_a}{U \cdot Y} \quad / \quad Y_a = Y - I_m \quad E = U - Y_a R_a \quad / \quad \text{također}$$

stepen djelovanja iz
 $\eta' = \frac{N_k}{U \cdot Y}$. N_k određi se na isti način,
 kako je to bilo utvrđeno kod serijskog motora.
 Ali N_k može se također odrediti iz jednačine
 $N_k = E(Y - i_0)$. Na pr.

Motor armature (i kefica) $R_a = 0,35 \Omega$, $R_m = 42 \Omega$
 $U = 65 \text{ Volta}$. Jakost struje neopterećenog kruga
 $i_0 = 3 \text{ amp}$. onda vrijedi:

$$i_m = \frac{U}{R_m} = \frac{65}{42} = 1,55 \text{ A} \quad Y_a = Y - I_m = Y - 1,55$$

$$E = U - Y_a R_a = 65 - Y_a \cdot 0,35 \quad N_k = E(Y - i_0) = E(Y - 3) \text{ vata}$$

$$\eta = \frac{E \cdot Y_a}{U \cdot Y} \quad \eta' = \frac{N_k}{U \cdot Y}$$

Ako je na pr. $Y = 15 \text{ A}$. onda imamo:

$$Y_a = 15 - 1,55 = 13,45 \text{ A}; E = 65 - 13,45 \cdot 0,35 = 60,3 \text{ Volta}$$

$$N_k = E(Y - i_0) = 60,3(15 - 3) = 723,6 \text{ vata}$$

$$U \cdot Y = 65 \cdot 15 = 975 \text{ vata}; E \cdot Y_a = 60,3 \cdot 13,45 \text{ vata}$$

$$\eta = \frac{E \cdot Y_a}{U \cdot Y} = \frac{810}{945} = 0,833 \quad \eta' = \frac{N_k}{U \cdot Y} = \frac{723,6}{975} = 0,741$$

Na ovaj način izračunana je tabela 3. Slika
 34. prikazuje iste vrijednosti u obliku krivulje.

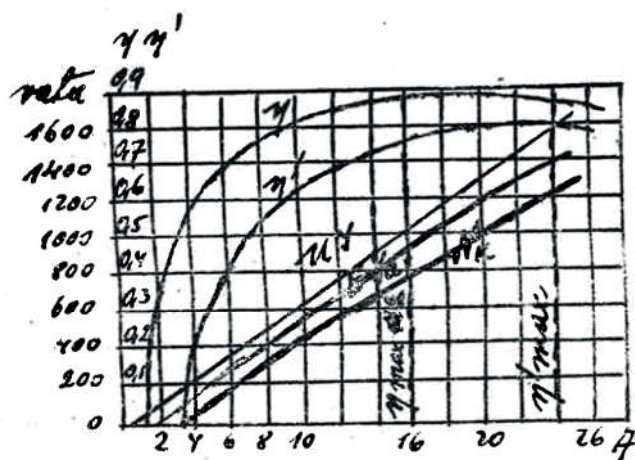
Jakost struje I taori abscisu, druge veličine ordinatu. Kri.
 tab. 3. vaga $U \cdot Y$ pa, rae, koji polazi broj ishodište koordinata.

N_2	U	Y	E	$U \cdot Y$	$E \cdot Y_a$	N_k	η	η'
1	65	3	64,5	195	94	0	0,482	0
2	65	6	63,4	390	282	190	0,725	0,49
3	65	9	62,4	585	465	374	0,824	0,64
4	65	12	61,3	780	640	550	0,833	0,706
5	65	15	60,3	945	810	724	0,834	0,744
6	65	18	59,2	1165	945	890	0,835	0,764
7	65	21	58,2	1364	1130	1040	0,835	0,765
8	65	24	57,1	1560	1280	1200	0,83	0,77
9	65	27	56,1	1750	1430	1350	0,82	0,77

Krivulja $E \cdot Y_a$ te su skoro rav, niste, id toga se udaljuju kod

jace struje. Krivulja η počinje u točki $Y=i_0$, te postigne maksimum za $Y=16$ A. η' počinje za $Y=3$ A te ima maksimum za $Y \sim 24$ A. η je maksimalno za $Y = \frac{U}{R_m} \sqrt{\frac{R_a + R_m}{R_a}} =$

$= \frac{1,55 \cdot \sqrt{42,35}}{0,35} = 16$ A.
 η' je maksimalno za



S2. 34.

$Y = \sqrt{I_0^2 + I^2}$, I_0 je $\frac{65}{0,35} = 186$ A $i_0 = 3$ A, prema tome $Y = \sqrt{186^2 + 3^2} = 20,6$ Amp.

Za maksimalnu vrijednost N_k imamo:

$Y_a = 94,5 - 1,55 = 93$ A, $E = 65 - 93 \cdot 0,35 = 32,5$ volta

$E \cdot Y_a = 32,5 \cdot 93 = 3020$ vata

$N_k = E(Y - i_0) = 32,5 \cdot 91,5 = 2960$ vata.

$\eta = \frac{3020}{65 \cdot 94,5} = 0,493$ $\eta' = \frac{2960}{65 \cdot 94,5} = 0,483$

Za $Y = 24$ A je $U \cdot Y - E \cdot Y_a = 1560 - 1280 = 280$ vata = gubitku zbog Jouleove topline u armaturi i magnetu. Gubitak u magnetu je $1,55 \cdot 65^2 = 100$ vata, gubitak u armaturi $280 - 100 = 180$ vata. Gubitak zbog histerese i intlozijskog struja je $E \cdot Y_a - N_k = 1130 - 1040 = 90$ vata. Iz ovog se vidi, da η' postigne maksimum, ako su gubici radi Jouleove topline u armaturi i

kepicama jednaki gubiciima usledenja, Treća, histerese i inžlozmk struja.

f.) Opterećenje.

Mehaničko opterećenje mjeri se basidarenuin pomoćnuu strojem, električno sa električnuu mjerilima. Ova metoda može se upotrebiti sa basipod motore i generatora.

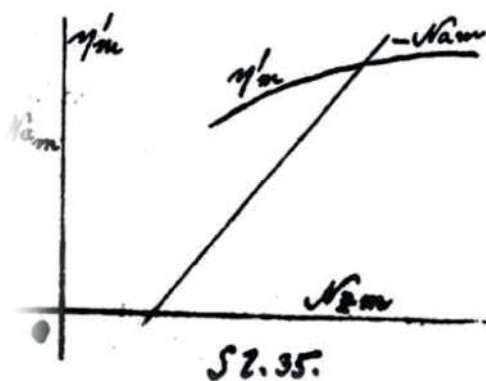
1.) Motori: Pomoćni stroj, uofoi predui gaura, tor služi sa opterećenju. Mjeri se od motora prim ljeuo djelovanja N_{2m} te od generatora predauo N_{2g} . Isospa odredi se pomoću diagrama bas darenju generatora dovedeno mehaničko djelova nje N_{2g} , koj je kod ukločeu spaja jednako od motora proizvedenom N_{2m} . Stepen djelova nja motora p'onda:

$$\eta_m = \frac{N_{2m}}{N_{2g}}$$

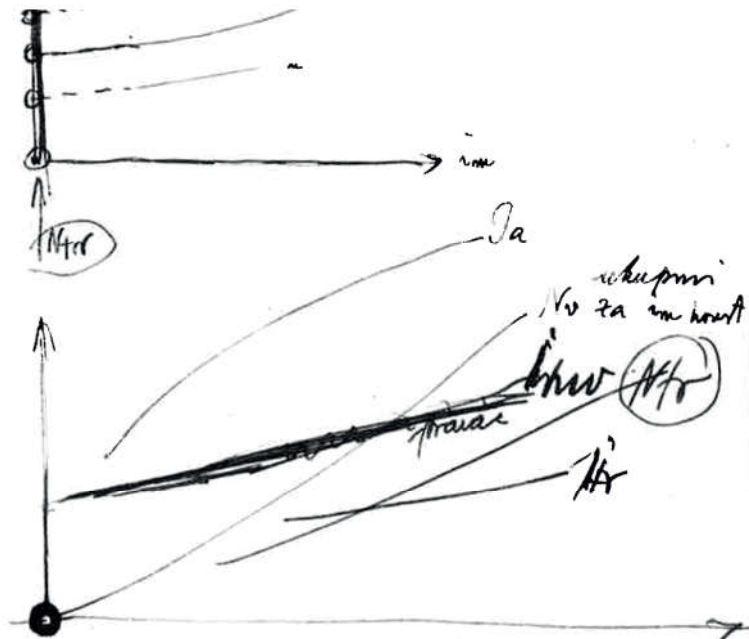
$$\eta_{gm} = \frac{N_{2m}}{N_{2g}}$$

2.) Generatori: Za generatora napravi se mjer nje isto tako. Ali pomoćni stroj je točno basde reui motor. Svoj po slici 30. Mpriti se mora:

a.) Kod konstantnog napona i konstantnoga broja okretaja treći diagram kočeuja pomoćnog motora. Od motora predauo djelovanja N_{2m} nasenta se u diagram u ovisnosti od dovedenju djelovanja. Isto tako pita se η_m - sl. 35.



2.) Generator se spji sa motorom ukloču. Onda se usvadi generator na napon steralha N_g te promijeni struja tereta od $I=0$ do $I=1,3 I_{nom}$. Ovoj n te napon U_m mota, na moraju biti isti kao,



$$M_r = \underbrace{a \cdot n}_{\text{hst}} + \underbrace{b \cdot n^2}_{\text{vrtl}} + \underbrace{c \cdot n^{3/2}}_{\text{frenje}} = J_a \cdot E_a \cdot n$$

hst	$a \cdot n$	$a_1 \cdot L^{4/6}$
vrtl	$b \cdot n^2$	$b_1 \cdot L^2$
frenje	$c \cdot n^{3/2}$	nezavisno

$$\frac{M_r}{n} = \frac{J_a \cdot E_a}{n} = \frac{E_a}{n} \cdot J_a = a + b \cdot n + c \cdot \sqrt{n}$$

Ja pedno te isto urbnd je $\frac{E_a}{n}$ konst. vel. ime
pa je: $(a + b \cdot n + c \cdot \sqrt{n}) \therefore J$

$c\sqrt{n}$ je treća proporcionalna jakost signala

$$i_r \cdot E_a = N_{tr} = c n^{3/2} \quad \text{dakle:}$$

$$i_r = \frac{N_{tr}}{E_a} = \frac{N_{tr} : n}{(E_a : n)} = 17,2 \cdot \frac{N_{tr}}{n}$$

$$i_r = N_{tr} \cdot \frac{17,2}{n}$$

Stoga dakle dobivemo da je bitno N_{tr} pomnožimo sa $\frac{17,2}{n}$

Da i mi dobivemo da je pravac jes
ako odvojimo od

$$a + b n + c \sqrt{n}$$

$$\Delta y = a + b n \quad \text{za } n = 0$$

$$\text{ordinata} = \underline{a}$$

kod priključenja. buda ispitati

od generatora predano djelovanje:

$$N_{ag} = N_g \cdot \eta$$

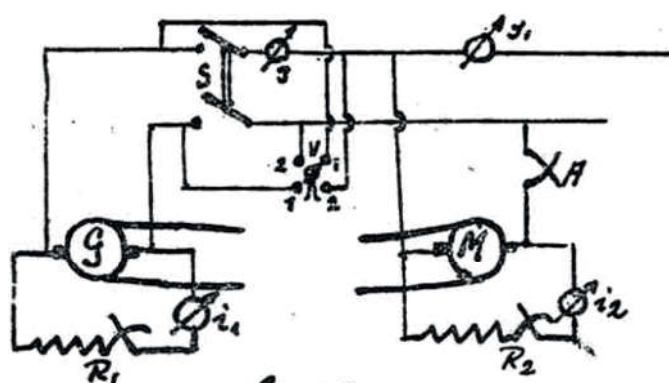
Generatoru dovedeno: $N_{ag} = N_{em} = N_{em} \cdot \eta'$

$$\eta_g' = \frac{N_{ag}}{N_{em}} = \frac{N_{ag}}{N_{em}} \cdot \frac{1}{\eta_m} = \frac{N_g \cdot \eta}{N_{em} \cdot \eta_m} \cdot \frac{1}{\eta_m} \quad (58)$$

5.) Djelovanje ustraga.

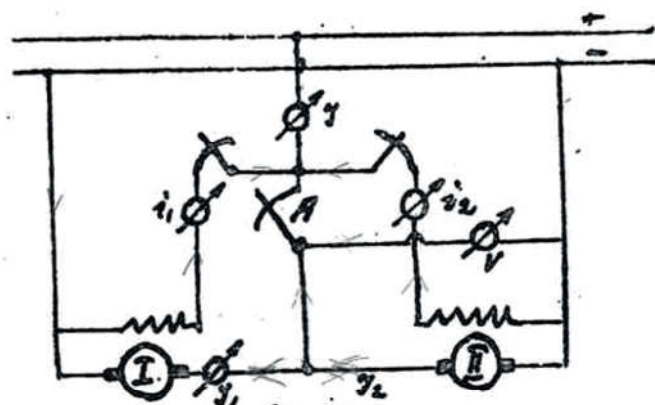
Kod ove metode mora se imati znanje dva stroja iste konstrukcije, istoga napona i djelovanja.

a.) Djelovanje potrebno se gaubiti dovede se električnim putem. Sl. 36. Sa generatorom G



Sl. 36.

zovećanju i, pače onda daji G struju Y motoru M. Iz mreže se uzme, samo struju Y, koja se



Sl. 37.

teiji stroja I, postane generator te dobavlja struju N, stroju II. U stroju II, koja se

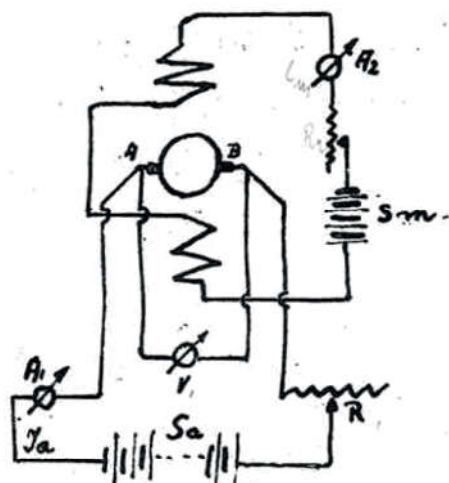
sposu je motoru, koga mreža. Sklopka S otvorena. Onda se uskladi G te spoji po pravilna paralelnog spajanja na mrežu odobno motor M. Uba, dimo li generator

motora. Drugi spoj prikazuje sl. 37. Struj I i II upaste se zajedno iz mreže pomoću uputnika H. tj. ca li se uskladi

E.) Metoda pojedinih gubitaka.

(Einzelnverlustverfahren)

1.) Opisni naponski postupak. Da odredimo gubitke zbog trenja, histerese i vrtložnih struja pomoću zaleusa usbudimo stroj iz nekog reda struje te uvedemo struju u armaturu i mjerimo jakost struje, te napon kofica. Sl. 38. prikazuje shemu spoja. Sm je vrlo struje sa usbudući magneta, struju im mjeri ampermetar A_2 . Otporom R_2 možemo struju regulirati. Armatura, za dobije struju iz baterije S_a , jakost mjeri ampermetar A_1 , napon kofica mjeri voltmetar V , otpor R može se mjeriti te tako regulirati struju. Ako je armatura u stanju mirovanja te mjerimo U_0 i I_0 , onda je otpor armature + kofice



Sl. 38

rije S_a , jakost mjeri ampermetar A_1 , napon kofica mjeri voltmetar V , otpor R može se mjeriti te tako regulirati struju. Ako je armatura u stanju mirovanja te mjerimo U_0 i I_0 , onda je otpor armature + kofice

$$R_a = \frac{U_0}{I_0}$$

Uvedemo li u armaturu, koja se okreće strujom I_a , koji proizvodi između A i B napon U , onda je uveden efekat $U \cdot I_a$. ovaj efekat smo upotrebili za protiv, roduju Jouleove topline $I_a^2 R_a$ te se okreće, u armature, pri čemu su nastali gubici zbog trenja, histerese te vrtlož. struja.

Označimo li ove gubitke sa N_v , onda

$$U I_a = I_a^2 R_a + N_v; N_v = U I_a - I_a^2 R_a = I_a (U - I_a R_a) = E \cdot I_a \quad (62)$$

pa je $E = U - I_a R_a$ prsta el. m. sila armature, koja proizvodi rotaciju armature u magnetskom polju. N_v možemo prema tome iz

ovaj jednadžbi: Mjerimo još broj okretaja n , onda možemo odrediti sa gdje se isto urbuđenje skup spadajuće vrijednosti N te n . Mjerne broja okretaja nije potrebno sa posebi fokus. Kod malih strujera bilo bi to sigurno i škodljivo, jer nije gubitak na efektu radi broja tako malen, da ga možemo zanemariti. Dok ostane urbuđenje ne promijenimo tok još isti, prema tome vrednosti $E_1 : E_2 = n_1 : n_2$. Mjeri se prema tome prvi put N te n , može se sa druge vrijednosti N te n izračunati, ako ostane urbuđenje isto. Na taj način mjerne vrijednosti jednog fokusa prikazuje sljedeća tabela 4. i to sa različite struje urbuđenja im.

Za armatura u stajni mirovanja smo imali $U_a = 95V$ $U_0 = 2V$ $R_a = \frac{1}{2} = 1\Omega$ kao primjer izracun fokusa I. $\eta = 1$. Tab. 4.

No	I					II					III				
	U	U_a	n	E	N	U	U_a	n	E	N	U	U_a	n	E	N
1	95	1,7	2770	93,3	-	84	1,65	2720	92,35	-	86	1,74	2735	94,26	-
1a	94	1,55	2740	92,15	143	85	1,5	2760	93,5	125	88	1,52	2805	96,48	116
2	90	1,53	2620	88,45	135	77	1,43	2500	75,58	108	83	1,5	2635	91,5	107
3	89	1,48	2360	79,52	118	68	1,38	2200	66,62	92	65	1,43	2340	63,57	91
4	68	1,35	1980	66,65	80	59	1,3	1910	57,2	75	56	1,38	2100	54,62	75,5
5	58	1,3	1685	56,7	73,8	53	1,26	1710	57,74	66,4	50	1,3	1790	58,7	63,4
6											48	1,3	1715	46,7	60,6
	$I_m = 1,57 \text{ ampera}$					$I_m = 1,33 \text{ amp}$					$I_m = 1,19 \text{ amp}$				

No	IV					V					VI				
	U	U_a	n	E	N	U	U_a	n	E	N	U	U_a	n	E	N
1	62	1,62	2500	60,38	-	83	1,75	2550	57,25	-	42	2,06	2660	39,94	-
1a	62	1,53	2505	60,47	92,6	53	1,63	2580	57,37	83,6	44	1,88	2810	42,12	79,5
2	53	1,4	2140	61,6	72,4	46	1,33	2206	44,47	68	36	1,7	2280	34,7	58,3
3	46	1,32	1850	44,68	59	38	1,41	1920	36,59	57,6	31	1,69	1950	29,31	49,4
4	38	1,28	1540	36,72	47	31	1,4	1474	29,6	41,5	27	1,55	1695	25,45	39,5
	$I_m = 1 \text{ amp}$					$I_m = 0,8 \text{ amp}$					$I_m = 0,6 \text{ amp}$				

$U = 95V$ $U_a = 1,7 \text{ amp}$ $n = 2770$ (mjerenje)
 Protusila $E_1 = U - U_a R_a = 95 - 1,7 \cdot 1 = 93,3 \text{ Volta}$
 Kod ponovnog mjerenja - broj okreta - isto
 mjerili - dobili smo vrijednosti 1a

$$U = 94 \text{ V} \quad I_a = 1,55 \text{ A} \text{ prema tome } E_2 = 94 - 1,55 = 92,45 \text{ Volta}$$

$$\text{Pripadajući broj okretaja } n: E_1 : E_2 = n_1 : n_2$$

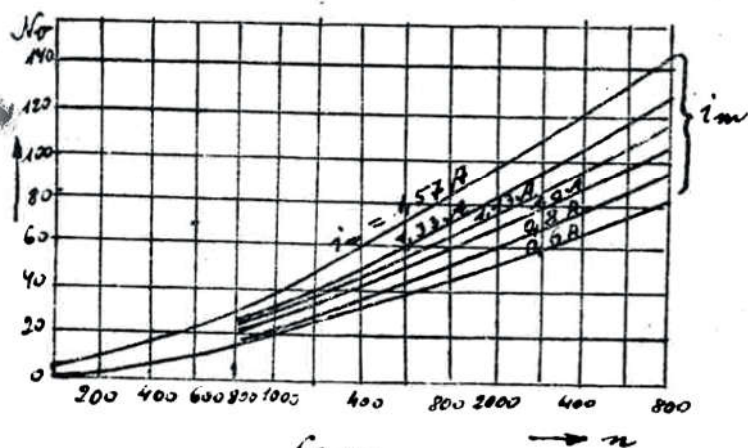
$$93,3 : 92,45 = 2770 : n_2 \quad \cdot j$$

$$n_2 = \frac{92,45 \cdot 2770}{93,3} = 2740$$

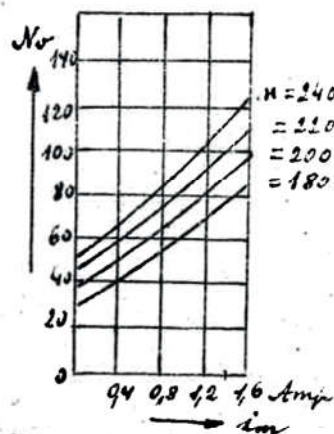
Efekt N_v , koji odgovara ovome broju je $E \cdot I_a = 92,45 \cdot 1,55 = 143 \text{ wata}$.

Mjerenja se mogu početi, kad se vridnosti i_m više ne mijenjaju, čepovi i ležaji moraju postići nepromjenljivu temperaturu. / Kod ve. likih strojeva biva to istom nakon nekoliko sati /

Rezultate mjerenja N_v - n sadrжава sl. 39. n čini apscisu, N_v ordinatu. Ako se uzmue iz sl. 39, za jednu te istu abscisu na pr. 1800 prp, dajuće ordinate na različite struje i_m dobije se sl. 40. bodje su abscise gubitak i_m , a ordinate gubici, koji odgovaraju određenom broju okretaja. Sl. 40. daj nam ove krivulje za $n = 1800, 2000, 2200, 2400$. Iz ove slike može se za svaki broj n svako pojedinačno primiti gubitak na gubi N_v , te odrediti sve gubitke bačarenog stroja



Sl. 39.



Sl. 40.

Primjer: bl motoru Tjirani bačareni stroj daje 65 V i 10 A u vanjski krug. $i_m = 1,5 \text{ A}$, $n = 2200$.

Trži se djelovanje motora u vatima isteknućijelova-
nja η generatora.

Koristi efekt generatora je $N = 65 \cdot 10 = 650$ vatta. Gubi-
su 1.) Jouleova Toplina u armaturi i kapičama

$$I_a^2 R_a = (10 - 1,5)^2 \cdot 1 = 72,25 \text{ v}$$

2.) — — — — — u magnetu $N \cdot i_m = 65 \cdot 1,5 = 97,50 \text{ v}$

3.) gubici N_v (sl. 40) obraca 15 A krivulj = $2200 \cdot 100,00 \text{ v}$
 $\Sigma v = 269,75 \text{ v}$

Djelovanje motora : $650 + \Sigma v = 919,75$ vata

$$\eta \text{ generatora} = \frac{\text{koristi efekt}}{\text{trošeni efekt}} = \frac{650}{919,75} = 0,708$$

Ali ovdje nisu uočeni dodatni gubici. Točnu ekipe-
rimentalno određivanje više puta nije ni moguće.
Stoćemo li se gubitke određiti, moramo imati toč-
niji podatak pomoću motor. Stroj se spoji kratko,
a pomoću motor ga tjera sa određenim brojem
okretaja. Uključeni se navedu tako, da teče naj-
manja struja. U armaturu. Od motora pre-
dano djelovanje se izračuna. Ovo djelovanje se
troši za gubitke trenja, gubitke u armaturi i ka-
pičama te dodatne gubitke, koji se može odrediti.

Prima propisa mora se ove gubitke odrediti samo
za sinkrone strojeve. Za druge strojeve uzme se nekih
procenata u račun, tako, da se je onda kod izrač-
navanja stepena djelovanja uoči također ove
gubitke u obzir.

Ovdje medli:

- | | |
|---|-------|
| a.) kompenzacioni strojevi istosmjernu struju | 1/2 % |
| b.) nekompenzacioni, sa i bez pomoć. jalova | 1 % |
| c.) pretvarač (Einankerumformer) | 1/2 % |
| d.) asinkronni strojevi | 1/2 % |
| e.) kaskadni pretvarač | 1 % |

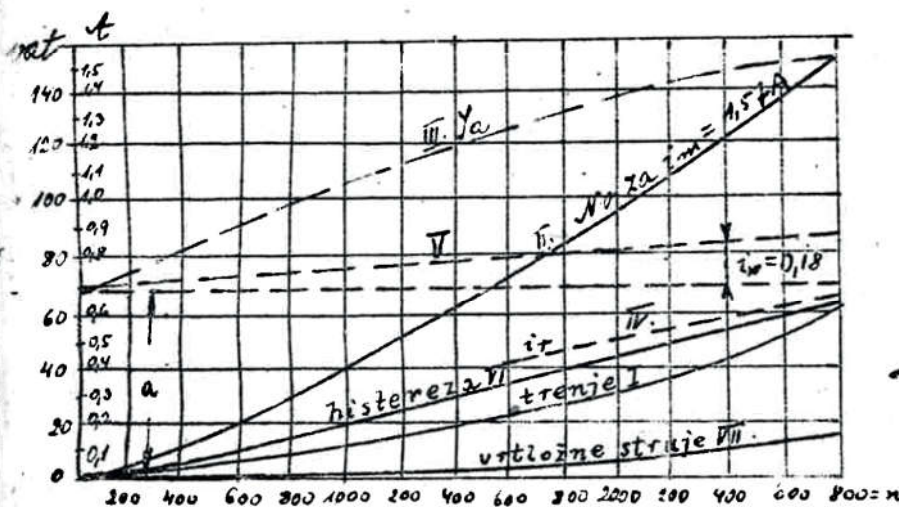
Uoči ovih gubitaka leži u tome, da je navedena,
pola opterećenog stroja druge, nego kod neopterećenog

3.) Rastavljanje gubitaka.

Vrše putu raznim nas rastavljanje gubitaka su u zavisnosti ordinate, iz kojih sastoji. Po Detmar-ovoj metodi može se to napraviti na slijedeći način.

Stavimo li u sl. 40. usputenje $i_m = 0$, onda otpadnu gubici zbog histerese i vrtložnih struja, a ostanu gubici zbog trenja. U sl. 40. produžimo krivulju do specijalne sa asi ordinate, te dobijemo gubitke zbog trenja za različite brojeve okretaja. U slici 41 koore brojevi okretaja x i y , a gubici ordinate.

Krivulju I. dobili smo tako, da smo za obrtne 1800, 2000, 2200, 2400 u sl. 40 uzeli gubitke trenja te ih ostali kao ordinate. Iz vršićemo sada rastavljanje za



Sz: 41.

usputenje 457 Amp (prva krivulja sl. 39.)

Prva krivulja ostane je u slici 41 još pridružit kao krivulja I. Gubitak gubitaka o broju tura x te indukciji B_a slijedi iz slijedećega:

Trenje: ovisnost od x : $c \cdot x^2$; ovisnost od B_a : $\frac{a \cdot B_a^2}{b \cdot B_a^2}$

histeresa: $\frac{a \cdot n}{b \cdot n^2}$

vrtlož. struje:

Prema tome je pidualna ordinate krivulje:

$$N_p = a \cdot x + b \cdot x^2 + c \cdot x^{\frac{3}{2}}$$

(63)

Iz $N_p = E \cdot Y_a$ dobijemo

$$\frac{N_p}{x} = \frac{E}{x} Y_a = a + b \cdot x + c \cdot \sqrt{x} \quad (64)$$

Za x duže te isto usputenje je $\frac{E}{x}$ konstantna veličina, u našem primjeru $= \frac{1}{24,7}$, prema tome su ordinate krivulje $a + b \cdot x + c \cdot \sqrt{x} = \frac{E}{x} \cdot Y_a$ razmjerne veličnosti struje.

Ustavu li u kojemu god mjerilu za amp. x e i waki broj n mjerenu jakost struje I_a kao ordinatu, do bijemu krivulju III. Ova $c \sqrt{n}$ je frezji proporcionalna jakost struje. Ako je i_r ova struja - i ako je el. m. sila armature E - onda je

$$E i_r = c n^2 = W_r \quad i_r = \frac{W_r}{E} = \frac{W_r}{\left(\frac{n}{29,7}\right)} = 29,7 \frac{W_r}{n} \quad (65)$$

Pomoću ove jednadžbe nađemo struju i_r , ako znamo gubitke zbog frezja, koji odgovaraju broju n sa 9,7. Krivulja I daje za $n = 2000$ $W_r = 38$ vata. Prema tome

$$\frac{n}{29,7} i_r = \frac{29,7 \cdot 38}{2000} = 0,564 \text{ A.}$$

Na isti način izračunava se i_r za $n = 1800, 2200 \dots$ te dobije krivulju IV. Subtrahiramo li IV od III, dobijemo V, koja prikazuje vezu između broja okreta n i one jakosti struje, koju treba histeresa i vrtložne struje. Stavimo li za $\frac{E}{n}$ i veličinu y , za $\frac{E}{n} \cdot i_r$ veličinu y_2 dobijemo:

$$\begin{aligned} y_1 &= a + b n + c \sqrt{n} \\ y_2 &= c \sqrt{n} \\ y_1 - y_2 &= y = a + b n \end{aligned} \quad (66.)$$

To je jednadžba pravca, a krivulja V je prema tome pravac. Stavimo $n = 0$, onda dobijemo, ako V produžimo do osi ordinata $y = a$ ili u našoj mjeri u amp. $y = 0,7$ t t-j jakost struje potrebna za histeresa: i_h

Vučemo li kroz točku 0,7 t usporednicu s aks. osom, onda odgovaraju ordinat između ove uspo. redukcije te pravca V struji, koja je potrebna za svlađavanje gubitaka zbog vrtložnih struja i_w . - Možemo li pronaći tu jakost struje sa E ili što je isto u našem slučaju sa 29,7 onda dobijemo tražene gubitke u vatima.

Prema tome su:

Gubici zbog histerese $0,7 \frac{n}{29,7} = 0,0236 (= a) n$ vata. Za $n = 1000$ dobijemo 23,6 vata, a za $n = 0$ dobijemo

- 55 -

gubitke = 0. Vraćamo li dakle kroz izvor koordinate te $N_k = 23,6$ vata za $n = 1000$ prAAC, rezultira krivulja $\overline{N_k}$, čije ordinatne odgovaraju gubićima radi histerene.

Gubići vrtložnih struja daju jednu: $N_w = E \cdot i_w = \frac{n}{29,7} \cdot i_w$. Za $n = 2400$ je $i_w = 0,18$ A, prema tome $N_w = \frac{2400}{29,7} \cdot 0,18 = 14,6$ vata. Gubitak vrtložnih struja je $\propto n^2$ prema tome $N_w = \frac{14,6}{2400^2} = 0,00000254$. Za $n = 2000$ je $i_w = 0,15$ $N_k = \frac{2000}{29,7} \cdot 0,15 = 10,1$ v i $\propto = \frac{10,1}{2000^2} = 0,00000252$. Srednja je vrijednost, $0,00000253$. Na taj način p'ostanu krivulja $\overline{N_k}$. Hoćemo li još odrediti C onda utvrdimo jednačinu

$$N_k = C \cdot n^{\frac{3}{2}}$$

Za $n = 2000$ je $N_k = 64$ vata (krivulja I) dakle $C = \frac{64}{2000^{\frac{3}{2}}} = 0,00043$. Totalni gubitak na efektu za urbuđenje $i_m = 1,57$ A određuje jednu:

$$N_w = 0,0236 n + 0,00000253 n^2 + 0,00043 n^{\frac{3}{2}}$$

ova metoda nema pogreške; jedino u tome što smo približno poduzeli krivulje sl. 40 za određivanje gubitaka radi trenja. Da se ove vrijednosti dobiju točnije, može se ući u sl. 40. sa abscisa vrijednosti i_m^2 namjesto i_m . Onda bi se točke krivulje približavale osi ordinata, osim toga imale bi približno pr. loraak prAAC.

Gubitke trenja može se također naći na sl. 40, deo način (suklasaf metode).

Odlopić se momentano armatura, koja se okreće, od izvora struje, onda se troši u armaturi i sakuplja na energija za gubitke. Dok se još armatura okreće, gubići su ovi:

- 1.) Trenje N_k , ako se istopića armatura i još je
- 2.) Trenje i gubići u željezu, ako se istopića samo armatura.

Struju se daje broj tura na kojimod način, te se onda prepušta samom sebi. Prilik 5 sek mjeren

se broj tura, kod većih strojeva sa tahometrom
a kod manjih pomoću el. m. m. koju proizvodi
remakom. Ovdje vodi razumje $E_1 : E_2 = n_1 : n_2$. Prva
vrijednost n_1 se ismjeri tahometrom. Skapa spada,
juče vrijednosti n te vrijednost t dadu nam kriva-
lju (Auslaufkurve) Ponovimo li ovo mjerenje,
ali sada kod usbudjenih magneta (norm. usbu-
denje) dobijemo drugu krivulju. Osim toga est-
se sa rasne brojve okretaja krivulju gubitaka.
 N_0 , koju se snimilo prema prijašnjem tumačenju
($N_0 = E \cdot Y_a$ Krivulja I u sl 42.) To je krivulja, koju se do-
biže sa kojigod konstantna jakost struje i m,
napon je promjenjiv: $N_0 = f(n)$. Slijedeca tabe-
la 5 prikazuje nam rezultate ovakvog mje-

Tab. 5. renja, koje smo upotreabili za
ortauji krivulje I, II i III. u sl. 42
Za krivulju I. Fori n ordinat,
tu, a gubitak N_0 abscisa
i to počin od onog momenta
u kojemu smo prestali sni-
mati samoj sebi. Krivulja II
vodi na "bez usbudjenja N_0 ,
vulja III. "za normalno usbu-
denje." — "Iva sila okreta"

t	Broj tura na usbudjenju	Broj tura na usbudjenju	$N_0 = E \cdot Y_a$
0	1410	1124	670
5	1016	884	446,2
10	884	640	261,3
15	774	438	144,7
20	670	267	64,6
25	580	132	19,7

(juče) se tjda je

$$N = \frac{1}{2} K \omega^2 \quad (67)$$

K je mom. Inercije obkrom na osi. Fugè, ω
kutna brzina. Provedeni efekt je

$$N = \frac{dA}{dt} = K \cdot \omega \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

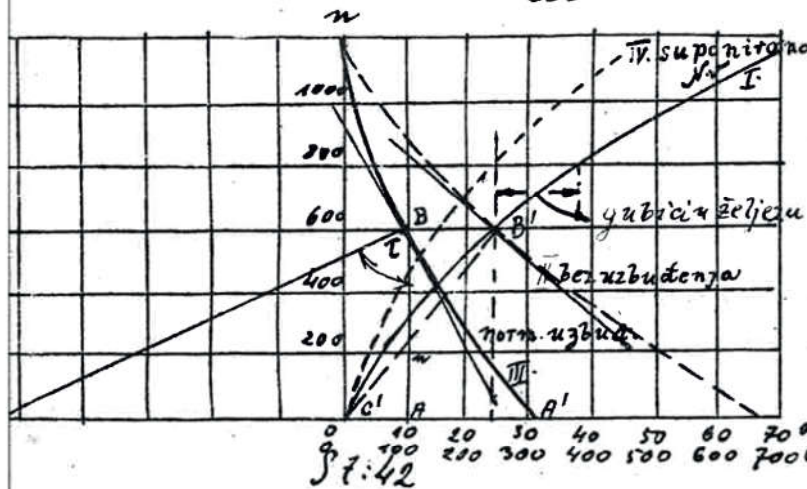
Uvedemo li za broj tura n /min onda
vrijedi $\omega = \frac{2\pi n}{60}$, $\frac{d\omega}{dt} = \frac{2\pi}{60} \frac{dn}{dt}$

$$N = \frac{dA}{dt} = K \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 n \cdot \frac{dn}{dt} \quad \text{Stavimo}$$

$$K \cdot \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 = C \quad (68)$$

dobivamo konačno

$$N = C \cdot n \frac{du}{dt} \quad (69)$$



Dopravo li morali na
desnoj strani još dodati
suk —, jednogovara
porastu namena t
zadajući broj tura n.
Okreće li se armatura
u usbuđenom polju,
onda je $N = N_0 = \text{gubitak}$

radi treća, histerese i utlošnih struja. Kod okretanja
u neurbuđenom polju imamo samo gubitke treća vr
ena tome

$$N_R = C \cdot n \cdot \frac{du}{dt} \quad (70)$$

Točki B krivulje III odgovara $n=600$. Po krivulji I pripa
la ovoj pripadnosti gubitak $N_R = 240 \text{ vata}$. $\frac{du}{dt}$ je $\frac{1}{2\pi f}$
te $n \cdot \frac{du}{dt} = AC$, ako je CB normale u točki B. Dakle
 $N_R = C \cdot AC \quad (71)$

Za različite brojeve okretanja $n_1, n_2, n_3 \dots$ dobije se
i krivulje III pripadajuće subnormale, a iz krivulje I ovim
brojevima odgovarajuće djelovanje. Faktor C skladi is
pdu. 70, jer je geometrično

$$n \cdot \frac{du}{dt} = \text{subnormali krivulje } n = f(t)$$

a $n = f(t)$ je krivulja III.

Čitaju li se različite točke krivulje II. subnormale
te izračuna pomoću ovih i faktora C različitim brojevima
tara pripadajuće gubitke zbog treća $N_R = C \cdot n \cdot \frac{du}{dt} = f(n)$
dobije se krivulja IV. Diferenca akcija I te IV daje
nam krivulju sa gubitke u željezu, koji se može
sada raspodijeliti po pravilima, kako je to bilo prije
tamačeno.

Za krivulju II. dobijemo za isti broj tura, t.j. $n=600$
točka B' se normalom C'B'. Proučimo tome je

$$N_R = C \cdot A' C' \quad (72)$$

Dividiramo li jednu jednu sa drugom :

$$\frac{N_R}{N_v} = \frac{AC'}{AC} \text{ ili } N_R = N_v \cdot \frac{A'C'}{AC} \quad (73)$$

Uvrstimo li nastane veličine u kojoj god mjeri na pr. milimetrima, daje nam naša slika $AC' = 21 \text{ mm}$ $AC = 55,5 \text{ mm}$

$$N_R = 240 \cdot \frac{21}{55,5} = 91,0 \text{ vata}$$

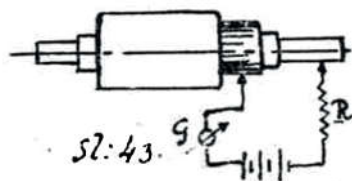
Na isti način možemo sa slički broj okreta odrediti gubitak zbog trenja N_R . Točnost je ovjerna o točnosti konstrukcije CD i $C'D'$.

7.) Prosudivanje komutacije.

Vidi IV. - 4.

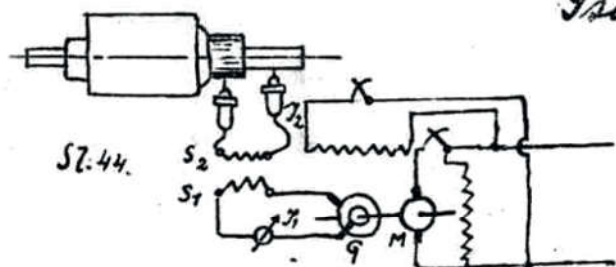
8.) Ispitivanje spoja s tijelom.

a.) Vratimpruom strujom. Spoj je sliči 43.



Sz. 43.

Na isti način može se ispitati i izolaciju pojedinih rotaka armature prije montiranja kolektora
/! Grave za ispitivanje izolacije (Isol. Prüfer.)



Sz. 44.

b.) Vratimpruom strujom.

Sekundarni namotaj malog transformatora spojen je po sliči 44. Primarni rotak S_1 spojen je sa

malim generatorom, što ga tjera motor M .

Pomoću regulacije broja tura te primarnog napona može se postići kojegod vrijednost sekundarnog napona. Ako je u izolaciji u redu ostane primarna struja I_1 npr. jednaka neopterećenoj struji. Šeće li kroz rotak S_2 struja tj. nije izolacija u redu, pojaća se struja I_1 . Umjesto struje I_1 može se mjeriti također napon sekundarnog rotka. Dok nema spoja prikaruje voltmetar na krajevima sekundarnog rotka postavi napon, koji padne, ako izolacija nije u redu, jer šeće struja.

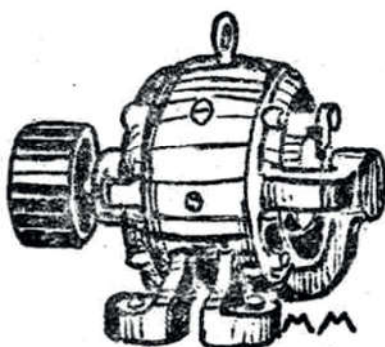
Po predavanjima g. prof. M. Plohla.

J A K A S T R U J A I.

/ Istosmjerna struja. /

Svezak V.

S T R O J E V I I N J I H O V P R O R A Č U N.



I. Izdanje.

Izdalo Udruženje slušača tehničkog fakulteta
u Zagrebu.

- 1927. -

1. Gubitci u željezu.

Gubitci u željezu nastanu kod okretanja armature u magnetskom polju, te postoje iz gubitaka histerese N_h te gubitaka vrtložnim strujama N_v .

Za gubitke histerese imali smo Steinmetz-ovu jednadžbu, / vidi I-1:

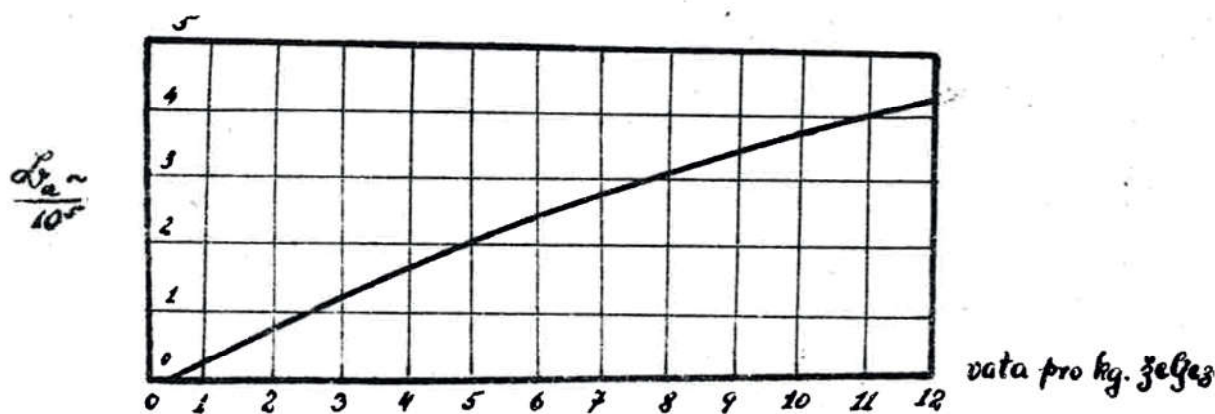
$$N_h = \frac{7 \cdot L^{1,6} V \cdot \nu}{10^7} \text{ vata} = 7 L^{1,6} \frac{G \cdot \nu}{7,8 \cdot 10^4} \text{ vata. (1)}$$

Do $L = 10000$ Gausa odgovaraju ove jednadžbe približno točno, iznad 10000 Gausa daju nam prevelike vrijednosti.

Vrtložne struje, nastanu u limu armature, u svorniku, u lamelama kolektora, u stopolu, osobito na rubu; da se ovaj gubitak što jače umanjuje prave se stopola iz lima ili lijevanog željeza, jer je spec. otpor lijevanog željeza bitno veći nego čelika ili lima.

Izračunavanje gubitaka vrtložnim strujama je tako netačno, da se obično upotrebi ili krivulje, koje odgovaraju velikom broju izvrsnih strojeva te sadržavaju gubitke histerese i vrtložnih struja, ili se gubitke odredi pomoću specifičnog gubitka dotičnog materijala.

Krivulja iz slike 1 daje gubitke u vatima na kg željeza armature. Kao prvi ordinata $\frac{L \cdot \nu}{10^5}$, to je indukcija u željezu armature za puta broj perioda ν kroz 10^5 , debljina lima 0,5 mm. Za armaturu je dostatno, ako se uzme tim debljine 0,5. Kod većeg broja perioda je ugodno odabrati lim debljine 0,3 mm.



Sl. 1

U konačnom rezultatu, ima se veoma malene varijacije, koji su bez ikakvog upliva, ako se odredi gubitke, te ih kako spomenuto, izračuna pomoću specifičnog gubitka σ , kojega se odredi posebnom sprovom (Eppstein) pomoću izmjenične struje i to u vatima za kg onog materijala koji dolazi u obzir.

Najprije se odredi broj perioda t.j.

$$\nu = \frac{p \cdot n}{60} \quad (2)$$

onda težinu jezgre armature

$$G_u = \pi (D_a - h) \cdot K_2 \cdot h \cdot l \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad (3)$$

i zubova

$$G_z = z \cdot K_2 \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} l_z \cdot l \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \quad (4)$$

D_a promjer jezgre armature (od dna do dna, utora)

h visina jezgre

K_2 faktor radi izolacije = 0,85 ÷ 0,9.

l dužina armature bez raspona za kraćenje

z broj utora (zubova)

z_1, z_2 širina zuba na glavi i korjenu

l_z dužina zuba ili dubina utora.

γ_x krivulja za spec. gubitke $f(\sigma, \nu)$ slike

2 ÷ 6 dotiče se sa izračunanim brojem ν i

sa debljinom za pojedine indukcije B_a B_z ,

B_{z1} B_{z2} $B_{z \text{ sred.}}$ specifične gubitke σ_a σ_{z1} σ_{z2} $\sigma_{z \text{ sred.}}$

za zube vnijedi onda

$$B_z = \frac{B_{z1} + 4B_{z1red} + B_{z2}}{6}$$

(5)

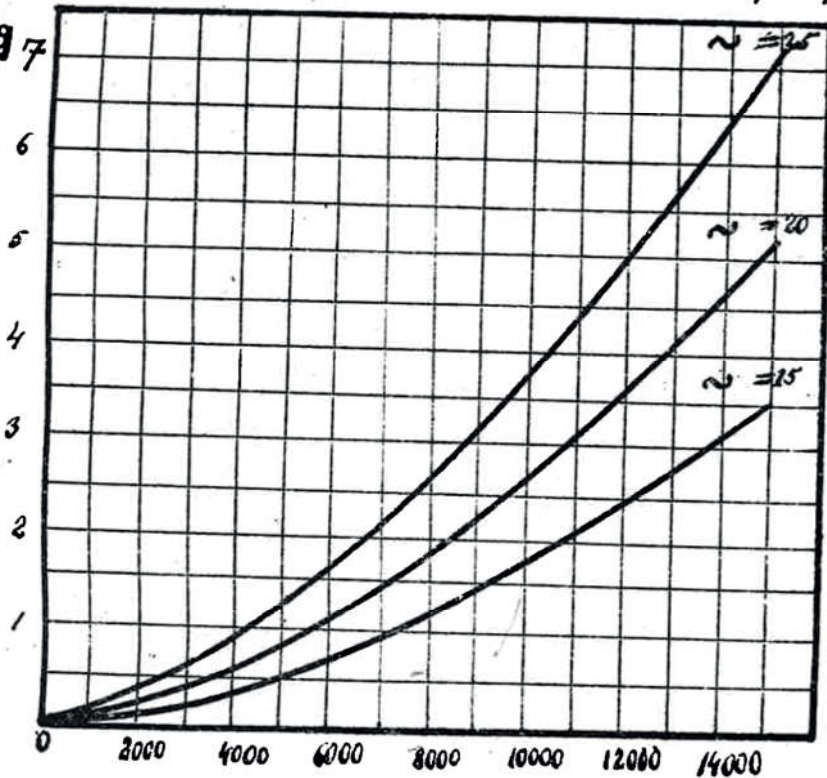
totalni gubitak u željezu

$$W_{kv} = (1,2 \div 2) \cdot (G_a B_a + G_z B_z) \cdot 10^{-3} \text{ k vata} \quad (6)$$

faktor 1,2 ÷ 2 uračunava dodatne gubitke prozračene od promjene indukcije kod opterećenja, dalje gubitke radi nepotpune izolacije pojedinih ploča na rubu i t.d.

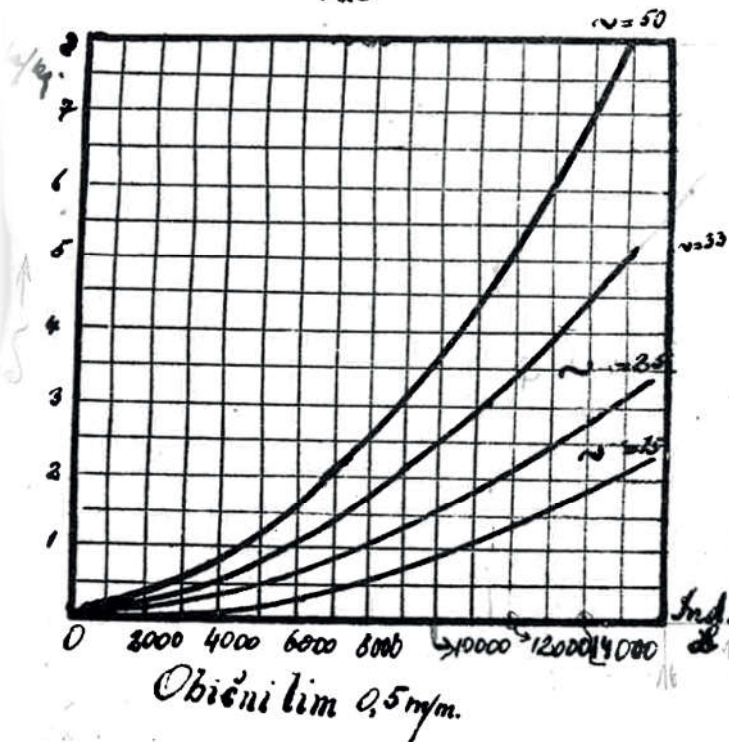
Obični lim debljine 1 mm.

vata/kg



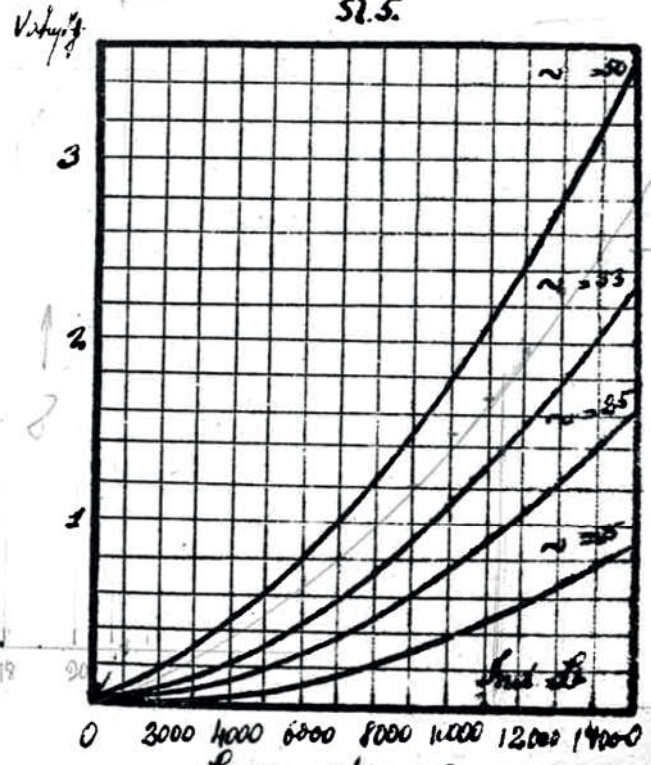
SL.2.

SL.3

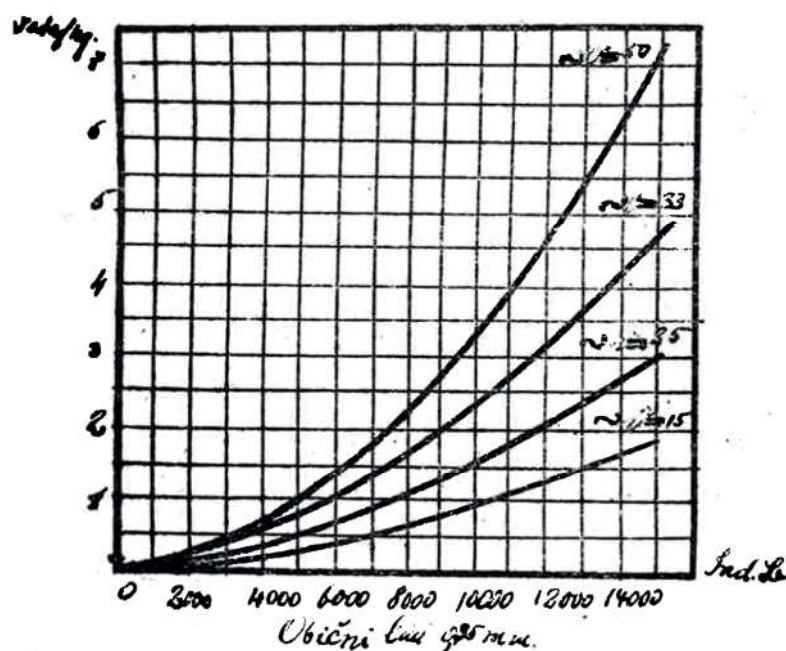


Obični lim 0,5 mm.

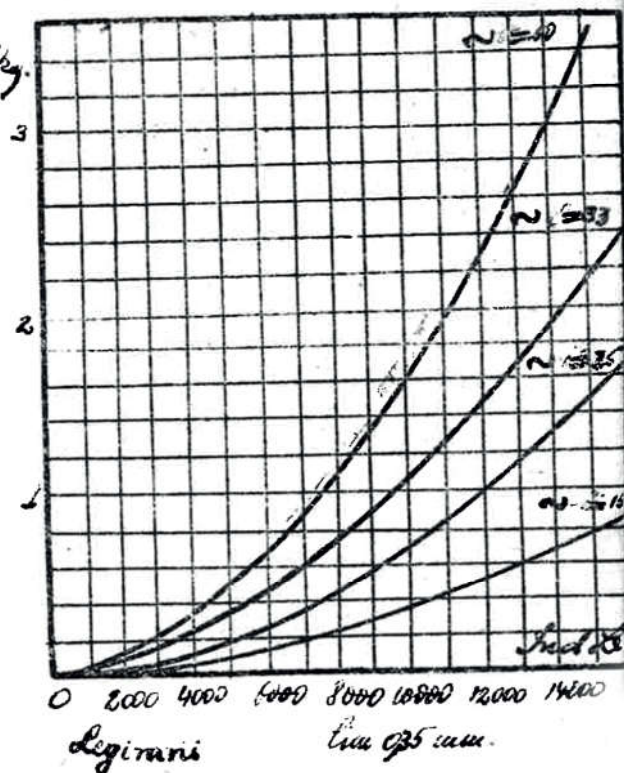
SL.5



Sl. 4.



Sl. 5.



2. Gubici u bakru.

a. Namotaj:

znaci li

$$l_a \approx l_g + 1,4l + 5 \text{ cm} \quad (7)$$

dužinu jednog štapa, ako uočimo namo pripadajuću polovicu čeonih spojka (dakle polovica jednog xavoja)

Δt_{ra} nadtemperaturu (iznad 15°C) onda je po jed.

$$R_a = \frac{9 \cdot l_a}{(2a)^2 \rho} \quad \text{/vidi / otpor armature}$$

$$R_a = \frac{x}{4a^2} \cdot \frac{l_a (1 + \alpha \cdot \Delta t_{ra})}{5700 \rho_a} \quad (8)$$

5700 sledi iz spec. otpora $\rho = 0,0175 / (1 + 0,004 \Delta t_{ra}) = \frac{1 + 0,004 \Delta t_{ra}}{57} \Omega \text{ na } \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$. Pretvorimo dužinu

u cm moramo 57 množiti sa 100. $\alpha = 0,004$.

Opadaće napona je $I_a R_a$ Volt gubitak dakle

$$N_{Ra} = I_a^2 \cdot R_a \cdot 10^{-3} \text{ Kwata.} \quad (9)$$

b. Napetosti.

znaci li na glavni pol odn. pomoćni pol / indeks 3 serijski, indeks n poredni namotaj.

$l_{s \text{ sred}}$ $l_{p \text{ sred}}$ srednji dužinu xavoja u cm
 Q_s Q_p presjek svih žica paralelnih
jednog xavoja.
 ΔR_{rs} ΔR_{rp} ugrizanje nad 15°C
 w_s w_p broj xavoja na jednom magnetskom
onda imamo za serijski (S) namotaj i pomnožimo
polove (p)

Otpor

$$R_s = 2p \cdot w_s \cdot l_{s \text{ sred}} \cdot \frac{1 + 0,004 \Delta R_{rs}}{5700 Q_s} \Omega \quad (10)$$

$$R_p = 2p \cdot w_p \cdot l_{p \text{ sred}} \cdot \frac{1 + 0,004 \Delta R_{rp}}{5700 Q_p} \Omega \quad (11)$$

odm gubitak

$$N_{R_s} = I_s^2 \cdot R_s \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (12)$$

$$N_{R_p} = I_p^2 \cdot R_p \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (13)$$

Za poredni namotaj:

$$R_n = 2p \cdot w_n \cdot l_{n \text{ sred}} \cdot \frac{1 + 0,004 \Delta R_{rn}}{5700 Q_n} \quad (14)$$

$$N_{R_n} = I_n^2 \cdot R_n \cdot 10^{-3} \text{ K vata} =$$

$$= U \cdot I_n \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (15)$$

/K napon sterajka/

c. Komutator

Ako je R_u prelazni otpor, onda je prelazni gubitak

$$N_u = I_a^2 \cdot R_u \cdot 10^{-3} = 2 \cdot I_a \cdot e_u \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (16)$$

/e_u vidi IV-

Označuje li:

$p_z = 0,2 \div 0,3 \text{ kg/cm}^2$ specifični pritisak kefice

$\mu_z = 0,2 \div 0,3$ broj treznja uzgjenih kefice na kolektoru / koeficijent treznja za bakrene kefice

$\mu_z = 0,3$, za uzgjene obično 0,227:/

F_z ploština doticanja svih kefice jednog svornika /cm²/

v_k obodna brzina kolektora u m/sec, onda vrijedi, ako imamo 2p svornika:

$$N_z = 9,81 \mu_z \cdot 2p \cdot F_z \cdot p_z \cdot v_k \cdot 10^{-3} \text{ K vata} \quad (17)$$

Totalni gubitak prema tome

$$N_k = N_u + N_b \quad (18)$$

3. Gubitak u ležaju i xratku.

Znači li:

P pritisak na ležaj - kg -

D_z promjer čepa - cm -

L_z dužina čepa - cm -

μ_z broj (koeficijent) trenja

$p_z = \frac{P}{D_z \cdot L_z} < 40 \text{ kg/cm}^2$ specif. tlak na ležaj

onda je $p_z \cdot \mu_z \approx 0,046$ konstantno.

Gubitak radi trenja:

$$N_g = 9,81 \cdot p_z \cdot \mu_z \cdot D_z^2 \cdot L_z \cdot \frac{\pi n}{6000} \cdot 10^{-3} \text{ kvata} \quad (19)$$

Za xraćenje račun na se kod brzine $v \leq 30$ m/sk dodatak od 10-30% tako da je totalni mehanički gubitak

$$N_m = (1,1 \div 1,3) N_g \quad (20)$$

Ako je $p_z \cdot \mu_z < 15$ nije potrebno hladiti čepove. Uopće je

$N_m = 3 \div 0,5\%$ predanog, korisnog djelovanja N .

Uzmemo sve gubitke u obzir dobijemo konačno stepen djelovanja

$$\eta = \frac{N}{N_g} = \frac{N}{N + N_v + N_{Ra} + N_{Rs} + N_{Rp} + N_{Rn} + N_k + N_m} \quad (21)$$

4. Ugrijavanje.

a. Armatura.

Ugrijavanje armature slijedi iz empir. jednačine

$$\Delta t_{ra} = \frac{C N_a}{0(1 + 0,1v)} \quad (22)$$

u kojoj je uvaćena ventilacija radi okretanja,

v je obodna brzina u m/sec, N_a čitava dovedena toplina t.j. toplina histerese, vrtložnih struja i Joule-ova toplina.

$$N_a = N_{rv} + N_{ra} \text{ u vatima} \quad (23)$$

O je površina hlađenja u cm^2 , C je konstantna veličina ovisna o konstrukciji. Za otvorene strojeve je $C = 400 \div 550$. Površinu O tvore plašt i čela. Ako armatura imađe raspore za hlađenje, računa se svaki ~~od~~ ^{od} raspored kao jedna ploština. Kod većih armatura računa se unutarnja površina $\pi \cdot D_o \cdot l$.

l dužina armature bez rasporeda / Prema tome vrijedi:

$$O = \pi \cdot D_o \cdot l + \frac{\pi D_o^2}{2} + \text{rasporedi za hlađenje} + \pi \cdot D_o \cdot l \quad (24)$$

Da se izbjegova poteškoćama u izračunavanju površine O , izračuna se O po Habbarth-ovoj jednačini:

$$O = \pi D_o (l + 0,7 l) \text{ cm}^2 \quad (25)$$

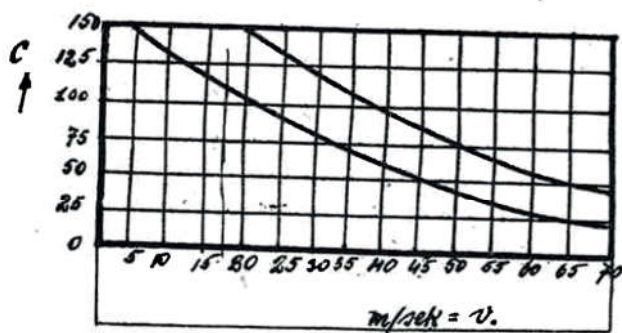
te povišenje temperature po jednu.

$$\Delta t_{ra} = \frac{N_a}{O} \cdot C \quad / N_a \text{ u vatima} / \quad (26)$$

C slijedi iz slike 7 u ovisnosti o brzini u

m/sec; donja krivulja vrijedi za veoma dobro ventilirane strojeve, gornja za normalno ventilirane.

Povišenje temperature mjeri se pomoću termometra, kojega se položi na armaturu. Po propisu neka ne prekorači povišenje 50°C . Tvrtnke uzimaju za normalno opterećenje (trajno opterećenje) $\Delta t_{ra} = 40^\circ\text{C}$.



Sl. 7.

na armaturu. Po propisu neka ne prekorači povišenje 50°C . Tvrtnke uzimaju za normalno opterećenje (trajno opterećenje) $\Delta t_{ra} = 40^\circ\text{C}$.

6. Magneti

Ugrijanje provrnoće gubici u magnetu N_{re} , mjereni u vatima. Povišenje temperature sledi iz

$$\Delta T_{re} = C \cdot \frac{N_{re}}{O} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (27)$$

Za konst. faktor C vrijedi:

- $C = 450 - 500$ savim otvoreni strojevi
 $550 - 650$ strojevi sa ležajem, pričvršćenim na ostolci (Lorenzovskijet)
 $700 - 750$ polu zatvoreni strojevi

Površinu tvori plati i jedna strana (gornja ili donja) namotaja.

Povišenje ΔT_{re} ne smije kod namotaja, koji se ne miču - izolacija iz pamuka - prekoračiti 60°C . Ugrijanje odredi se promjenom otpora označuju li:

R_0 otpor namotaja u hladuom stanju

R_t otpor namotaja u toplom, onda vrijedi:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T_{re}) \text{ odnosno} \\ \Delta T_{re} = \frac{R_t - R_0}{\alpha \cdot R_0} \quad \alpha = 0,004 \quad (28)$$

Ugrijanje kutije može se kod zatvorenih strojeva računati po jednačiji:

$$\Delta T_g = \frac{2200 N_{vg} \cdot 10^3}{(O_g + 8F_g)(1 + 0,1v_g)} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (29)$$

N_{vg} suma svih gubitaka (u kW), koji prolaze kao toplina kroz kutiju.

O_g prosta površina za hlađenje (cm^2)

F_g presjeci kutije koji odvođe toplinu

v_g relativna brzina zraka naprama kutiji

Uopće je djelovanje zatvorenog stroja 70-75% otvorenoga, ako se uzme za granicu isto ugrijanje.

c komutator. Povišuje temp. računa se po jednadžbi:
$$\Delta t_K = \frac{(120-150)N_K}{\pi \cdot D_K \cdot l_K (1+0,1v_K)} \quad (\text{jedn. } 18) \quad (30)$$

D_K promjer kolektora (cm)
 l_K dužina kolektora (cm)
 v_K obodna brzina m/sek
 Granica povišaja kod običnih strojeva je 60°C , kod motora za željeznice 80°C . Čim manje povišaje tim pogodnije za komutator. Prema tome težiti na što nižu temp.

d. čepovi i ležaj.

Oznacuje li:
 β_0 konst. faktor ulja 1:2,4 ÷ 2,8/
 β_z " " ležaja: 25:30 za $v_z \leq 5$ m/sek
 60:80 " $v_z = 10 \div 20$ "

ovisan o konstrukciji ležaja

v_z brzina čepa u m/sek

t_z temp. zraka

t_z temp. (ne povisivanja) čepa

$$t_z = t_z + \sqrt{t_z + 12,5 \beta_0 \beta_z v_z^{3/2}} \quad (31)$$

Dolije se rezultat $t_z \geq 60^\circ\text{C}$ mora se na-
 činiti umjetno hlađenje čepa. Vidi sub 3.

5. Proračun čvrstoće.

a. Osovina.

Radi propisa (Učvršćivanje)
 f osovine i to zbog težine armature, kolektora
 i namotaja dolazi još dodatna jednostrana

magnetična vlačna sila P_m u obrir. Za jedan jedini pol površine $F = b \cdot l$ te indukcije u xroku L_z bila bi sila po jedm. I -

$$P = \frac{F \cdot L_z^2}{8\pi \cdot 9,81} \cdot 10^{-5} \approx 4 \cdot F \cdot L_z^2 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \quad (32)$$

Imamo 2p polova, onda ima polovica p obrirrom na manji raspor veću vlačnu silu

$$P_1 = p \cdot P \cdot \frac{\delta}{\delta - f} \quad (33)$$

druga polovica manju silu

$$P_2 = p \cdot P \cdot \frac{\delta}{\delta + f} \quad (34)$$

jer tvori propis f rasliku između raspona gore i dole.

Iz ove raslike rezultira jednodrorna sila

$$P_m = K_f (P_1 - P_2) = K_f \cdot p \cdot P \cdot \frac{2f\delta}{\delta^2(1 - \frac{f^2}{\delta^2})} \quad (35)$$

faktor $K_f < 1$ uračunava (urima u obrir), da se sve p polove jedne strane jednoliko promjenio raspor δ za propis f.

Postavimo $\frac{K_f}{(1 - \frac{f^2}{\delta^2})} \approx 1$ dobijemo

$$P_m = p \cdot P \cdot \frac{2f}{\delta} = 8p \cdot F \cdot L_z^2 \cdot \frac{f}{\delta} \cdot 10^{-8} \text{ kg} \quad (36)$$

Umetnemo u ovu jednadžbu

$$F \cdot L_z = \Phi = \frac{E_a \cdot 10^8}{\frac{2}{\pi} \cdot \frac{p \cdot n}{60}}$$

te raširimo sa γ te πD , dobijemo u brojniku produkt

$\gamma \cdot E_a = N$ | djelovanje u kvadratima |, u nazivniku prod.

$\frac{2 \cdot \gamma}{\pi D} = AS$. Prema tome rezultira obrirrom na $\frac{n \cdot \pi D}{60} =$

$= N \cdot 10^{-2} \text{ m}$

$$P_m = \frac{40 \cdot N \cdot L_z \cdot f}{AS \cdot N \cdot \delta} \text{ kg} \quad (37)$$

Iz težine G_A armature, vlačne sile P_m i težine komutatora G_K odredimo pritisk na ležaj A_1 i A_2

- sl. 8 - onda odredimo $G = G_A + G_K + P_m$

u udaljenosti a_1 odnosno a_2 i dobijemo progib

$$f = G \cdot \frac{a_1^2 \cdot a_2^2}{3(a_1 + a_2) E_w \cdot \gamma_w} \text{ cm} \quad (38)$$

E_w modul elastičnosti

