# Studiul unui dynamou bipolar

*Tip Lahmeyer*

Să ne propunem a calculà toate elementele unui dynamo de acest typ, impunându-ne constantele următoare:

1) O putere utilă de 17500 Watti.

2) O funcţionare cu un voltagiu de 120 volţi la o viteză unghiulară de 1000 rotaţiuni pe minută.

3) un randament electric care să se apropie de 90 %, având în vedere puterea maşinei.

Vom admite că dynamul e excitat în derivaţie şi prevăzut cu un induit tambur dinţat.

## I

## Studiu din punct de vedere electric

### *Determinarea elementelor (induitului)*

*Diametru exterior*. Admiţând o viteză periferică medie de $15^{m}/_{sec}$, vom aveà:

$$V = \frac{\pi D N}{60}. \tag{1}$$

V = viteza periferică medie.

D = diametrul exterior al induitului.

N = numărul de rotaţiuni pe minută.

Din ecuaţiunea (1) vom aveà valoarea lui D:

$$D = \frac{60 V}{\pi N}$$

sau :

$$D = \frac{60 \times 1500}{3,14 \times 1000} = 28^{\text{ctm.}},6$$

admitem deci pentru valoarea lui D:

$$D = 28 \text{ ctm.}$$

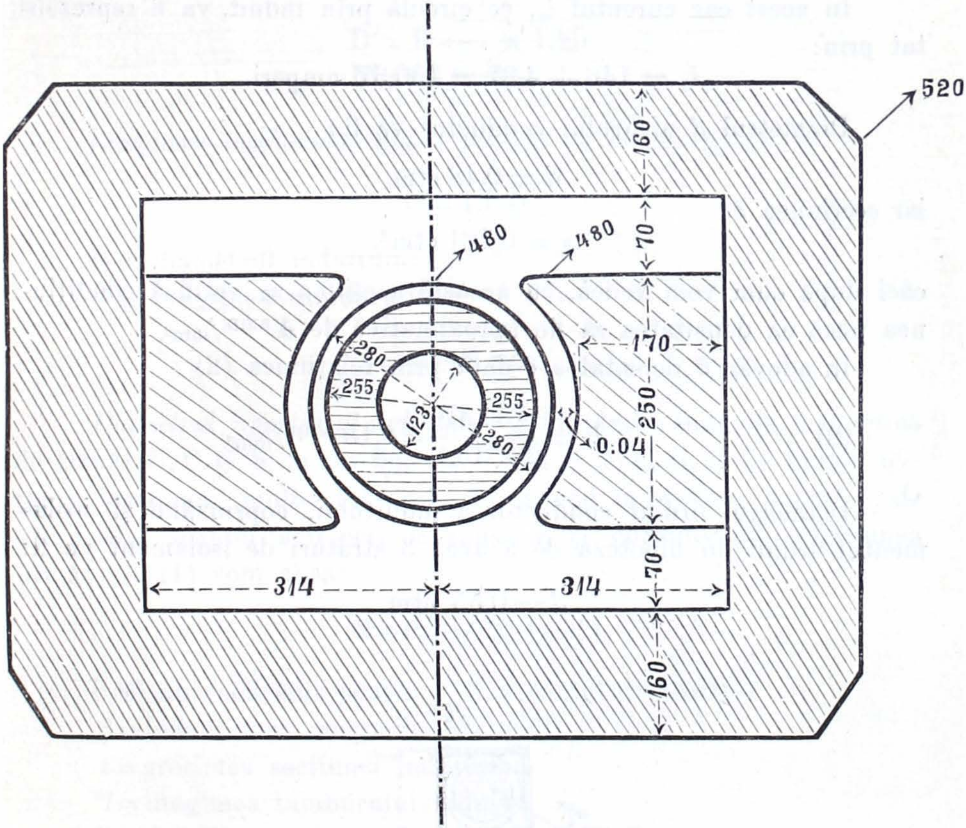


Fig. 1.

*Diametrul conductorului induitului.* Se admite pentru siguranță în firul induit o densitate de curent de $4^{\text{amp.}}/_{\text{mm}^2}$.

Perderea de putere în inductor se ia 3% din puterea utilă, adică:

$$ei_d = 1750 \times 0{,}03 = 525 \text{ Watti.}$$

$e$ = voltagiu cu care funcționează dynamoul.
$i_d$ = curentul în amperi ce circulă prin inductor.
Din ecuațiunea (1) vom aveà valoarea lui $i_d$:

$$i_d = \frac{525}{120} = 4{,}37 \text{ amperi.}$$

In acest caz curentul $i_a$, ce circulă prin induit, va fi reprezentat prin:

$$i_a = 146 + 4{,}37 = 150{,}37 \text{ amperi.}$$

Diametrul $d$ al firului conductor va fi:

$$d = 0{,}48 \text{ ctm.}$$

iar secțiunea $s$:

$$s = 0{,}181 \text{ ctm}^2.$$

căci după cum vom vedeà, cu această secțiune se verifică condițiunea pusă ca densitatea să fie aproximativă de 4 $^{\text{amp.}}/_{\text{mm}^2}$.

In adevăr $\delta$ densitatea e dată prin relațiunea (2)

$$(2) \qquad \delta = \frac{150{,}37}{2 \times 18{,}1} = 4{,}15 \ ^{\text{amp.}}/_{\text{mm}^2}.$$

Diametrul firului conductor a induitului, coprinzând și isolamentul firului, în hipoteza de a aveà 3 straturi de isolament va fi:

$$d = 0{,}55 \text{ ctm.}$$

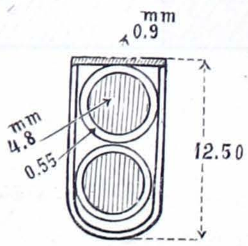


Fig. 2.

Figura (2) ne arată toate dimensiunile admise pentru un dinte al induitului, în care se plasează firele conducătoare.

Lărgimea $a$ a dintelui

$$a = 8{,}67 \text{ ctm.}$$

Profunzimea $b$ a dintelui

$$b = 1{,}25 \text{ ctm.}$$

*Diametrul tamburului induit la rundul dinților* se vede că e dat prin D′:

$$D' = D - 2 \times 1{,}25$$
$$D' = 25{,}5 \text{ ctm.}$$

*Lungimea tamburului îndoit* $l$ se ia de obicei 1,7 D

$$l = 1{,}7 \text{ D}$$

D = diametrul induitului.
$l$ = lungimea tamburului.

$$l = 48 \text{ ctm.}$$

*Diametrul interior al induitului.* Admițând o inducție magnetică de 13000 U. C. G. S. la un flux de $7 \times 10^6$ U. C. G. S. în induit, obținut după mai multe tatonamente, avênd în vedere condiția de a nu aveà scântei sub peri la colector, și considerând ecuațiunea următoare (1) vom aveà:

$$(1) \qquad \mathfrak{N} = 0{,}85\, \beta \times 2\, \varepsilon \times l$$

0,85 un coeficient pentru a ține compt de isolant.
$\beta$ = inducțiunea magnetică = 13000 U. C. G. S.
$\varepsilon$ = grosimea secțiuncí induitului.
$l$ = lungimea tamburului induit.
$\mathfrak{N}$ = fluxul magnetic = $7 \times 10^6$ U. C. G. S.
Din ecuațiunea (1) vom aveà valoarea lui $2\,\varepsilon$

$$2\,\varepsilon = \frac{\mathfrak{N}}{0{,}85\,\beta \times l} = \frac{7 \times 10^6}{0{,}85 \times 13000 \times 48} = 13{,}2 \text{ ctm.}$$

In acest cas diametrul D″ al îndoitului tambur va fi

$$D'' = D' - 13{,}2 = 12{,}3 \text{ ctm.}$$

Comptăm ca secţiune a tamburului induit, secţiunea la fundul dinţilor.

*Numărul firelor induitului.* Presupunem că în induit avem o perdere de 4 volţi; valoarea forţei electro-motrice totale e dată de formula :

$$(1) \qquad E = n \, N \mathfrak{N} \times 10^8$$

$E$ = forţa electro-motrice totală.
$N$ = numărul de rotaţiuni pe minută.
$\mathfrak{N}$ = fluxul admis $= 7 \times 10^6$ U. C. G. S.
$n$ = numărul de fire al induitului.
Din ecuaţiunea (1) vom aveà valoarea lui $n$

$$n = \frac{E}{N\mathfrak{N} \times 10^{-8}} = \frac{124}{\frac{1000}{60} \times 7 \times 10^6 \times 10^{-8}}$$

$$n = 108 \text{ fire}$$

Vom aveà deci 54 scobituri cu 2 fire şi 54 lame la colector (planşa).

Diferenţa de potenţial între două lame consecutive a colectorului e de

$$\frac{120}{\frac{54}{2}} = 4{,}45 \text{ volţi}$$

care e admisibilă ştind că ea trebue a fi ast-fel în cât să nu permită persistenţa unui arc după comutaţie.

*Calculul resistenţei electrice a induitului.* Lungimea unui fir a induitului e aproximativ egal cu :

$$l + 1{,}5\,D$$

$l$=lungimea tamburului induit
D=diametrul induitului

$$l + 1.5\,D = 48 + 1.5 \times 28 = 90 \text{ ctm.}$$

Cum numărul total a firelor este 108, lungimea totală a firului induit va fi, însemnând'o prin $\lambda$ :

$$\lambda = 108 \times 90 = 9720 \text{ ctm.}$$

Resistența electrică a firului conductor e dată prin formula

$$r_a = \rho \frac{{}^1/_2 \lambda}{2\,s}$$

$r_a$ = resistența electrică a firului induit

$\rho$ = resistența specifică a cuprului = $2 \times 10^6$ ohm/cm, ținânp compt și de încălzirea firului

$\lambda$ = lungimea totală a firului conductor a induitului

$$r_a = \frac{2 \times 10^6 \times \frac{1}{2} \,.\, 9720}{20{,}181} = 0.027$$

$$r_a = 0{,}027 \text{ ohmi.}$$

*Perdere de voltagiu în induit.* Această perdere e dată prin expresiunea $i_a\ r_a$

$i_a$ = curentul ce trece prin induit

$r_a$ = resistența electrică a induitului

$i_a\, r_a = 150{,}37 \times 0.027 = 4.05$ volți

care e aprosimativ egală cu ceea-ce am presupus mai sus.

*Perdere de putere în induit datorită efectului Joule.* Această perdere e exprimată prin relația

$$p_x = i_a^2\, r_a$$

$p_a$ = perderea datorită etectului Joule în induit

$i_a$ = intensitatea de curent în amperi ce trece prin induit

$r_a$ = resistența electrică a induitului în ohmi

$$p_a = 150{,}37^2 \times 0.027 = 610 \text{ Watti}$$

ceea ce dă o perdere la sută, a puterei utile de

$$\frac{610}{17500} = 3{,}48 \text{ Watti}$$

Ca suprafață de răcire pe Watt perdut în induit vom aveà :

$$\frac{s}{p_a} = \frac{\text{suprafața de răcire}}{\text{putere perdută}}$$

Suprafața de răcire e dată de expresiunea următoare:

$$S=\pi DL+\frac{(D-2e)\pi L}{2}+\frac{2\pi[D^2-(D-2e)^2]}{4}$$

D = diametrul induitului = 28 ctm.

L = lungimea induitului = 48 ctm.

$2e$ = dubla grosime a secțiunei induitului = 13,2; deci vom aveà:

$$S=3,14\times28\times48+\frac{(28-13,2)\times3,14\times48}{2}+\frac{2\times3,14[28^2-(28-13.2)^2]}{4}$$

$$S=6221 \text{ ctm}^2$$

deci $\frac{S}{p_a}=\frac{6221}{610}=10$ ctm² pe Watt aproximativ.

*Creșterea temperaturei induitului.* Ridicarea temperaturei induitului în timpul mersului dynamoului poate fi calculată cu ajutorul formulei empirice a lui Arnold care e următoarea :

$$(1) \qquad t^0=\frac{300\,W}{A(1+0,1\,r)}$$

$t^0$ = ridicarea temperaturei d'asupra celei normale.

W = Wațți perduți prin effect Joule, hysteresis și curenții lui Foucault.

V = viteza periferică în metri pe secundă.

A = suprafața de răcire în cm².

Suma perderilor interioare a înduitului adică valoarea lui W e dată în un mod însă exact prin formula empirică următoare:

$$(2) \qquad W=I_a^2\,r_a+2,5 \text{ până la } 4,5\ W_h V.$$

$I_a$ = curentul în amperi ce circulă prin înduit.

$r_a$ = rezistența electrică a înduitului.

V = volumul ferului în cm³.

$W_k$ = perderile prin hysteresis pe cm³ sunt date prin formula :

$$(3) \qquad W_h=10^{-7}\eta\,(p\,.\,N)\,\beta^{1.6}$$

$p$ = numărul de perechi de poli = 1.

N = numărul de rotațiuni pe secundă = 16,6.

$\eta$ = coeficient variind dupe natura ferului întrebuințat de la 0,003—0,0033.

$\beta$ = inducţiunea maximă calculată = 13000 *u. c. g. s.*

Făcând înlocuirile în formula (3) avem:

$$W_h = 10^{-7} \times 0{,}003 \times 16{,}6 \times \beta^{1.6}$$
$$log\,\beta^{1.6} = 1.6\,log\,\beta = 1.6\,log\,13000$$
$$\beta^{1.6} = 3822000.$$

Inlocuind pe $\beta^{1.6}$ cu valoarea s'a în expresiunea lui $W_h$ avem:

$$W_h = 0{,}019.$$

Volumul ferului însemnat cu V în formula (2) va fi reprezentat prin:

$$V = \pi \frac{[D^2 - (D - 2e)^2]}{4} \times L \times 0.85$$

0.85 un coeficient spre a ţine compt de isolant.

L = lungimea tamburului induit = 48 ctm.

D = diametrul induitului = 28 ctm.

$2e$ = dubla grosime a secţiunei = 13,2 ctm.

Vom aveà deci pentru V:

$$V = 3{,}14 \frac{[28^2 - (28 - 13{,}2)^2]}{4} \times 48 \times 0.85$$

$V = 18064$ ctm$^3$.

Valoarea expresiunei $W_h . V$ din ecuaţia (2) va fi:

$$W_h . V = 0{,}019 \times 18064 = 343{,}22.$$

Din expresiunea lui W, ecuaţia (2), adică suma perderilor interioare a induitului va devenì:

$$W = 610 + 3 \times 343{,}22 = 1639{,}66.$$

Valoarea formulei empirice a lui Arnold reprezentată prin ecuaţiunea (1), care exprimă ridicarea temperaturei în induit în timpul mersului dynamoului, va devenì:

$$t^0 = \frac{300 \times 1639.66}{6221 \times 25} = 31^0$$

care e o temperatură admisibilă.

*Verificare.* Dupe M. Esson în maşinele bipolare cu induit tambur, pentru a suprima scânteele sub perii trebue ca:

$$(1) \qquad n\,i \leqq \frac{192\,H\,l_e}{\beta}.$$

$u$ = numărul de fire de pe induit $=108$.

$i = \frac{i_a}{2}$ curentul care circulă în induit $= \frac{150{,}37}{2}$.

H = reprezită intensitatea câmpului magnetic în între — fer

$$H = \frac{\mathfrak{N}_a}{S_e} = \frac{\text{flusul din induit}}{\text{suprafaţa între — ferului}} = \frac{7 \times 10^6}{S_e}.$$

$l_e$ = dubla grosime a între — ferului.

Să determinăm mai întâi pe $S_e$ care e dat prin relaţiunea următoare:

$$S_e = 0{,}85\,\pi\,D\,l\,.\,\frac{\beta}{360^0}$$

$\beta = 110^0$ ţinând compt că piesele polare acoperă $\frac{6}{10}$.

0.85 un coeficient pentru a ţine compt de micşorarea suprafeţei între — fer din cauză că avem tambur dinţat.

D = diametrul induitului.

$l$ = lungimea induitului.

Inlocuind prin valorile lor în formula lui $S_e$ vom aveà:

$$S_c = 085 \times 3{,}14 \times 28 \times 48 \times \frac{110^0}{360^0}$$

$$s_e = 1128 \text{ ctm}^2.$$

deci valoarea lui H din formula (1) va fi:

$$H = \frac{7 \times 10^6}{1128} = 6200 \; u.\,c.\,g.\,s.$$

$l_e$ din inegalitatea (1) adică dubla grosime a între — ferului, o putem calculà cu ajutorul acelei inegalităţi, sau admiţând o grosime de 0.8 ctm, putem verificà dacă această inegalitate există:

In adevăr:

$$n\,i = 108 \times \frac{150{,}37}{2} = 8210.$$

Partea 2-a a inegalităţii va fi:

$$\frac{192\,H\,l_e}{\beta}=\frac{192\times 6200\times 0.8}{110}=8660$$

de unde se vede deci că inegalitatea e satisfăcută.

## II

## Calculul inductorilor

Dynamoul trebuind a debità în plină încărcare un curent relativ mare (150 amperi), față de voltagiu 120 volți, va rezultà în consecință un flux de forță transversal foarte important. Pentru a evità în acest caz scânteele sub perii și inversiunea polilor, vom adaptà un între — fer relativ mare pentru un induit tambur dințat și anume 0.4 ctm. grosime.

Această grosime a între — ferului face ca curba de magnetism să se scoboare mult. Pentru a o face să se mai ridice și a satisface condițiuni puse de M. Arnoux, sunt obligați de a întrebuința inducțiuni magnetice slabe, care însă ne conduce la carcasse destul de grele.

Legea a 2-a a lui Kirchhoff aplicată circuitului magnetic al mașinei dynamo ne spune că forța magneto-motrice $4\pi mi$ e egală cu suma produselor fluxului din diversele părți ale circuitului magnetic prin reluctanțele corespunzătoare.

Vom aveà deci conform acestui enunț ecuațiunea:

$$4\pi mi\times 10^{-1}=\Sigma\mathfrak{N}\frac{l}{\mu s}$$

Desvoltând al doilea membru al acestui ecuațiuni avem:

$$(1)\quad 4\pi mi\times 10^{-1}=\mathfrak{N}\left[\frac{l_a}{\mu_a\, s_a}+\frac{l_a}{\mu_e\, s_e}\right]+v\,\mathfrak{N}\left[\frac{l_p}{\mu_p\, s_p}+\frac{l_e}{\mu_c\, s_c}\right]$$

în care ecuațiune:

$mi$ = numărul de amperi — învârtituri ale celor două bobine.
$\mathfrak{N}$ = fluxul util al induitului, care se admite și pentru între-fer.
$l_a$, $\mu_a$, $s_a$, lungimea medie a liniilor de forță în induit, permeabilitatea și secțiunea lui.

Lungimea medie a liniilor de forță în diversele părți care compun circuitul magnetic se măsoară pe desen.

Permeabilitatea diferitelor părți a mașinei e cunoscută dându-se materialul întrebuințat și indicându-se inducțiunea magnetică, adică raportul între flux și secțiune, căci se poate obține curbe indicând variația permeabilității în funcțiune de inducțiunea magnetică.

$l_e$, $s_e$, $\mu_e$, elemente corespunzătoare pentru între-fer; $l_e$ represintă însă dubla depărtare între induit și piesele polare, iar $\mu_e$, permeabilitatea aerului e luată ca unitate.

$l_p$, $\mu_p$, $s_p$, sunt respectiv lungimea media, permeabilitatea și secțiunea pieselor polare.

$l_c$, $\mu_c$, $s_c$, reprezintă aceleași elemente pentru armatură.

In inductor și armatură se admite un flux total $v\mathfrak{N}$, căci fluxul trecând de la piesele polare la induit prezintă derivațiuni importante în jurul induitului, deci o perdere de flux.

Coeficientul $v$ reprezintă raportul între fluxul total și fluxul din induit, adică fluxul $(v-1)\mathfrak{N}$ este un flux perdut pentru efectul util. Coeficentul $v$ de dispersiune ce putem admite pentru acest typ de mașină este $v = 1{,}18$.

Pentru ca ecuațiunea (1) să fie generală va trebui a ține compt și de reacțiunea induitului asupra fluxului, adică a calcula forța magneto-motrice resultantă.

In adevăr forța magneto-motrice autagonistă e dată prin expresiunea:

$$4\pi \frac{\alpha n}{\pi} \frac{i_a}{2}$$

$n$ = numărul de fire comptate pe periferia induitului.

$\alpha$ = unghiul de calagiu.

$i_a$ = curentul total furnisat de îndoit.

Forța magneto-motrice resemtantă F e deci:

$$F = 4\pi \left[ mi - \frac{\alpha}{\pi} n \cdot \frac{i_a}{2} \right]$$

Deci ecuațiunea (1) sub forma ei generală devine:

$$(2) \quad 4\pi \left[ m\, i^{-10^{-1}} - \frac{\alpha}{\pi} n \frac{i_a}{2} \right] = \mathfrak{N} \left[ \frac{l_a}{\mu_a s_a} + \frac{l_e}{\mu_e s_e} \right] + v\, \mathfrak{N} \left[ \frac{l_p}{\mu_p s_p} + \frac{l_e}{\mu_e s_e} \right]$$

Ecuațiunea (2) se poate pune sub formă:

$$(3) \quad m\, i = \frac{10}{4\pi} \cdot \frac{\mathfrak{N}_a\, l_a}{\mu_a\, s_a} + \frac{10}{4\pi} \frac{\mathfrak{N}_a\, l_e}{s_e} + \frac{10}{4\pi} \frac{\mathfrak{N}_1\, l_p}{\mu_p\, s_p} + \frac{10}{4\pi} \frac{\mathfrak{N}_1\, l_e}{\mu_e\, s_e} + \frac{\alpha}{180} n \frac{i_a}{2}$$

în care $\mathfrak{N}_1 = v\, \mathfrak{N}_a$

Calculele acestei formule sunt coprinse în tabloul următor No. (1).

## Tablou No. 1.

| Indicarea pieselor | Coeficientul de dispersiune | Flux $\mathfrak{N}$ | Secțiunea în cm² | Lungimea liniilor de forță | Inducțiunea magnetică $\beta = \frac{\mathfrak{N}}{s}$ | Permeabilitatea magnetică $\mu$ | $\frac{10}{4\pi} \frac{\mathfrak{N}\, l}{\mu\, s}$ | Observațiuni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Induitul (fer dulce) | — | $\mathfrak{N}_a = 7 \times 10^6$ | 538 | 27 | 13000 | 1083 | 258 | $\mathfrak{N}$ numărul de fire a le induitului; |
| Intre — ferul | — | „ | 1128 | 0,8 | 6200 | 1 | 3940 | |
| Piesele polare (fontă) | $v$=1,18 | $\mathfrak{N}_1$=8.25×10⁶ | 1200 | 37 | 6850 | 155 | 1300 | $i_a$ curentul ce trece prin îndoit |
| Carcasa (fontă) | — | „ | 1655 | 125 | 4950 | 515 | 956 | |
| | | | | | | | 6454 | Amperi — învârtitori necesari pentru ca fluxul să poată traversa piesele mașinei. |
| $\frac{\alpha}{180^0} n \frac{i_a}{2} =$ | | | | | | | | |
| $\frac{1}{6} \times 108 \times \frac{150,37}{2}$ | | | | | | | 1355 | Amperi — învârtitori pentru a compensa acțiunea demagnetisatoare a induitului. |
| Numărul total de amperi învârtituri $m\, i$ | | | | | | | 7809 | |

In calculele din acest tablou am dat unghiului de decalagiu $\alpha$ cea mai mare valoare ce o poate admite induitul în formă de tambur dințat, pentru a aveà un plus de amperi-învârtituri.

Pentru a puteà trasa curba de magnetisare am repetat calculele din tabloul No. 1, pentru diverse valori ale fluxului util $\mathfrak{N}_a$ neglijând amperii-tururi care compensa acțiunea demagnetisantă a induitului.

Valorile obținute sunt coprinse în tabloul următor No. 2.

## Tabloul No. 2.

| Fluxul util $\mathfrak{N}_a$ | Fluxul ce traversează inductorii și canasa $\mathfrak{N}$ | Numărul de amperi-învârtituri necesari spre a putea trece fluxul | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\mathfrak{N}^a$ ce traversează | | $\mathfrak{N}$ ce traversează | | Spre a traversa toate piesele mașinei |
| | | ferul induit | Intreferul | Piesele polare | Carcassa | |
| $8 \times 10^6$ | $9.45 \times 10^6$ | 563 | 4500 | 2230 | 1595 | 8888 |
| $7.5 \times 10^6$ | $8.85 \times 10^6$ | 359 | 4220 | 1810 | 1230 | 7619 |
| $7.0 \times 10^6$ | $8.25 \times 10^6$ | 258 | 3940 | 1300 | 956 | 6454 |
| $6.5 \times 10^6$ | $7.67 \times 10^6$ | 187 | 3650 | 853 | 738 | 5428 |
| $6 \times 10^6$ | $7.08 \times 10^6$ | 145 | 3370 | 578 | 584 | 4677 |
| $5,5 \times 10^6$ | $6.5 \times 10^6$ | 114 | 3100 | 386 | 462 | 4062 |

Cu aceste valori coprinse în tabloul No. 2 putem trasa curba de megnetism (fig. 3) datorită inductorilor mașinei.

Condițiunea impusă de M. Arnoux și anume că tangenta în punctul de lucru obișnuit al mașinei să fie $^1/_3$ parte a tangentei la origina curbei dupe cum se vede e îndeplinită (planșa, fig. 3).

*Bobine magnetisatoare.* Numărul total de amperi învârtituri ale inductorilor e următorul:

$$m\, i_d = 7809$$

Să admitem în inductori o perdere electrică de 3% vom aveà:

$$p_i = 0.03 \times 17500 = 525 \text{ Watti}$$

$p_i$ = perderea în inductori = 525 Watti

In acest caz curentul de circulațiune în inductori e dat prin:

$$i_d = \frac{525}{129} = 4{,}37 \text{ amperi}$$

*Numărul spirelor magnetisatoare.* Am avut ca număr de amperi — învârtituri:

$$m i_d = 7809$$

Având valoare lui $i_d = 3{,}37$ putem aveà valoare lui $m$:

$$m = \frac{7809}{4{,}37} = 1790$$

sau aproximativ $m = 1800$

Cum sunt două bobine inductoare în serie vom aveà că fiecare bobină va aveà un număr de spire:

$$m = \frac{1800}{2} = 900 \text{ spire}$$

In firul inductor se admite o densitate de curent de $1.7\ ^{\text{amp.}}/_{\text{mm.}^2}$; în această hipotesă diametru firului va fi 0,18 ctm, sau secțiunea lui $s_i$ va fi:

$$s_i = 2{,}544 \text{ mm}^2.$$

Pentru această secțiune densitatea curentului revine la:

$$d = \frac{4{,}37}{2{,}544} = 1{,}715\ ^{\text{amp}}/_{\text{mm.}^2}$$

care se vede că e aproximativ egală cu cea admisibilă.

Deci diametrul $d$ al firului inductor e:

$$d = 0{,}18 \text{ ctm.}$$

Cu isolament $d_1$!

$$d_1 = 0,23 \text{ ctm.}$$

*Lungimea bobinei inductrice* fiind de 15 ctm. vom aveà ca număr de spire în un singur rând:

$$\frac{15}{0,23} = 65 \text{ spire}$$

Va trebui deci pentru fie-care bobină

$$\frac{900}{65} = 14 \text{ rânduri}$$

adică 14 rânduri de fire aproximativ.

*Grosimea bobinei inductrice* va fi:

$$14 \times 0,23 + 0.8 = 4 \text{ ctm.}$$

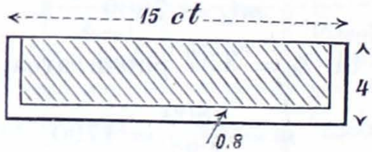


Fig. 4.

*Lungimea firului inductor*. Fie-care spiră are o lungime aproximativă de:

$$2(25 + 4 + 48 + 4) = 162 \text{ ctm.}$$

Lungimea totală a firului va fi deci:

$$l_i = m \times 162 = 292000 \text{ ctm.}$$

$m$ = numărul total al spirelor.

*Rezistența electrică a bobinelor inductrice*. Am admis în bobinele inductoare o perdere electrică de:

$$(1) \qquad i_d^2 \, r_d = 525 \text{ Watti}$$

$i_d$ = curentul de circulațiune în inductor exprimat în ohmi.
$r_d$ = rezistența electrică a firului inductor în ohmi.
Din ecuațiunea (1) putem aveà valoarea lui $r_d$

$$r_d = \frac{525}{4,37^2} = 27.5 \text{ ohmi.}$$

Se știe că relația care leagă lungimea $l_i$ a firului inductor, secțiunea $s_i$ a firului, rezistibilitea $\rho$ și rezistența electrică $r_i$ e următoarea :

$$(1) \qquad r_i = \rho \frac{l_i}{s_i}.$$

Cu ajutorul ecuațiunei (1) putem aveà valoarea lui $\rho$ adică :

$$\rho = \frac{r_i\ s_i}{l_i} = \frac{2.75 \times 0,02544}{292000} = 2,39$$

$$\rho = 2,39 \text{ micro-ohm-ctm.}$$

De unde se vede că metalul trebuind a aveà o rezistibilitate de 2,39 micro-ohm-ctm către 50$^0$ aproximativ, va trebuì a întrebuințà bronz silicios care la 0$^0$ să aibă o rezistibilitate de 1.79.

Important însă e faptul ca rezistența electrică a bobinelor să fie 27.5 ohmi.

*Creșterea temperaturei în bobinele inductrice.* Dupe formula lui Esson, creșterea temperaturei e dată prin formula :

$$t = \frac{335\ p_i}{s_i}$$

$p_i$ e perderea de putere în inductor $= 525$ Watti iar $s_i$ e suprafața totală de răcire $= 6436$ ctm$^2$.

Inlocuind în formulă, $p_i$, $s_i$ prin valorile lor vom aveà:

$$t^0 = 27^0.5.$$

Valoarea care poate fi admisă.

*Suprafața de contact a periilor.* Vom aveà 2 perii de fie-care parte; admițând 5,5 $^{mm^2}/_{amp.}$ aproximativ, vom aveà o suprafață totală S știind că amperajul total e de 150.37 amperi :

$$S = 150,37 \times 5,5 = 840 \text{ mm}^2.$$

*Voltagiu la bornele dynamului în cazul unui circuit exterior deschis.* Admitem ca primă aproximațiune un voltagiu de 145 volți, curentul de circulațiune în inductor va fi:

$$i_d = \frac{145}{27.5} = 5,27 \text{ amperi}$$

Curentul în înduit având aceeași valoare ca și în inductor va fi:

$$i_a = i_d = 5{,}27 \text{ amperi}$$

Amperi — învârtituri a inductorilor vor fi:

$$mi_d = 1800 \times 5{,}27 = 9500$$

Amperi — învârtituri de pe induit sau spirele de pe induit care dau reacţiunea induitului sau fluxul autogonist fluxului inductor, vor fi representaţi prin:

$$\frac{\alpha}{180} n \cdot \frac{i_a}{2}$$

$\frac{\alpha}{180} = \frac{1}{6}$ în care $\alpha$ reprezintă unghiul de calagiu.

$n =$ numărul de spire a induitului.

$i_a =$ curentul furnisat de induit în această hipotesă.

In acest cas vom aveà că contra — amperii — învârtituri vor fi reprezentaţi prin:

$$\frac{\alpha}{180} \cdot n \cdot \frac{i_a}{2} = \frac{1}{6} \times 108 \times \frac{5{,}27}{2} = 48$$

Deci amperii — învâătituri $mi$ reali care produc acţiunea magnetisantă vor fi:

$$mi = 9452$$

După curbă de magnetism se vede că acest număr de amperi— învârtituri reali corespunde la un flux util $\mathfrak{N}_a$ reprezentat prin:

$$\mathfrak{N}_a = 8{,}15 \times 10^6$$

Or se ştie că forţa electromotrice a unui dynam e dată prin formula:

(1) $$e = n\mathrm{N}\mathfrak{N} \times 10^{-8}$$

$e =$ forţa electromotrice.

$n =$ numărul de spire de pe induit $= 108$.

$\mathrm{N} =$ numărul de rotaţiuni pe secundă $= \frac{1000}{60}$.

$\mathfrak{N} =$ fluxul util $= 8{,}15 \times 10^6$.

Vom aveà înlocuind în ecuaţiunea (1) valorile respective:

$$e = 108 \times \frac{1000}{60} \times 8{,}15 \times 10^2 = 147 \text{ Voiţi}$$

Cum resistența $r_a$ a îndoitului e de:

$$r_a = 0.027,$$

Voltagiul la bornele dynamului va fi:

$$v = e - i_a r_a = 147 - 5{,}27 \times 0.027 = 147 \text{ volți aproximativ.}$$

$i_a r_a$ reprezintă căderea de potențial datorită resistenței induitului. Deci se poate spune că masina va produce

$$120^V \times 146^A = 17{,}5 \quad \text{K. Watti}$$

în plină încărcare, iar:

$$148^V \times 5{,}4^A_{,4} = 0{,}8 \quad \text{K. Watti}$$

în casul unui circuit deschis.

## III

## Studiu mecanic

*Calculul arborelui.* După M. Fischer-Hinnen se poate calcula diametru unui arbore în oțel prin ajutorul formulei:

$$d = 21 \sqrt[3]{\frac{W}{n}}$$

W = puterea utilă în K. Watti = 17.5
$n$ = numărul de învârtituri pe minută = 1000.
Vom aveà deci:

$$d = 5{,}5 \text{ ctm.}$$

Diametru $d_1$ către mijlocul arborelui îl vom luà egal:

$$d_1 = 6 \text{ ctm.}$$

Diametru $d_2$ către paliere va fi egal cu:

$$d_2 = 5 \text{ ctm.}$$

*Lungimea palierelor* se ia de obicei de 2,3 ori valoarea lui $d_2$:

$$l = 3{,}2\, d_2 = 3{,}2 \times 5 = 16 \text{ ctm.}$$

*Presiunea asupra cuseneților.*

(1) Greutatea înduitului poate fi reprezentată prin formula:

$$G = 3500 \left(\frac{W}{n}\right)^{\frac{2}{3}}$$

W = puterea utilă în K-Watti.

$n$ = numărul de învărtituri pe minută.

Vom aveà deci:

$$G = 3500 \left(\frac{1.75}{1000}\right)^{\frac{2}{3}} = 234 \text{ K-grame.}$$

Presiunea datorită greutăței îndoitului asupra cusinetului $a$ cel mai încărcat.

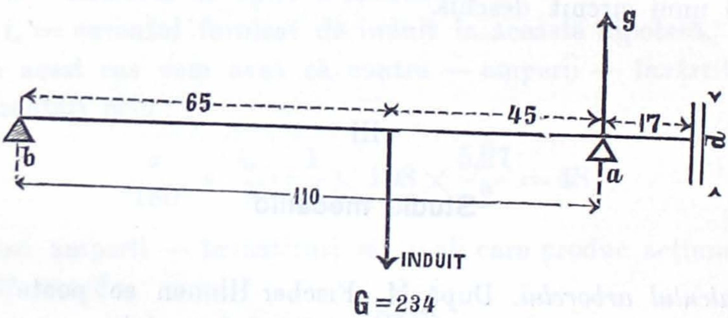


Fig. 5.

Va fi:

$$g = \frac{234 \times 65}{110} = 138 \text{ k-grame}$$

care e o forță verticală.

2) *Tracțiunea exercitată asupra arborelui de către curea.* Să admitem pentru scripet un diametru de $0^{m},25$, în acest caz viteza curelei va fi dată prin expresiunea:

$$v = \frac{\pi\, d\, 1000}{60} = \frac{\pi \times 0.25 \times 1000}{60} = 13\, {}^{m}/_{sec.}$$

care e o viteză admisibilă pentru curea.

Efortul tangențial transmis scripetelui prin curea e dat prin formula:

$$(1) \qquad T = \frac{N \times 75 \times 60}{\pi \times d \times 1000}$$

$d$ = diametru scripetelui $= 0^{m}.25$.

N = puterea în cai — vapori transmisă arborelui = 27.2.

Perderea electrică în dinamo datorită efectului Joule este de 1135 Watti, din care 610 Watti din înduit și 525 Watti în inductor.

Perderile electrice în general sunt 0.42 din perderile totale, adică perderi datorite curenților lui Foucault, perderi prin hysteresis, frecare contra cusineților, perderi electrice, așa că perderile totale vor fi date prin:

$$\frac{1135}{0.42} = 2700 \text{ Watti.}$$

Puterea utilă a dynamului fiind de 17500 Watti, puterea de transmis scripetelui trebue a fi:

$$17500 + 2700 = 20200 \text{ Watti}$$

sau:

$$20200 \times 1{,}36 = 27.2 \text{ cai -- vapori.}$$

Deci înlocuind în ecuațiunea (1) pe N și $d$ prin valoarea lor vom aveà:

$$T = 155 \text{ k-grame.}$$

Pentru a transmite acest efort tangențial, în general tensiunea în partea exterioară a curbei este 2 T, iar în partea moale T; dacă direcțiunea celor 2 părți nu diferă mult de orizontală, tracțiunea efectuată asupra arborelui va fi orizontală și $= 3\,T$ sau:

$$3 \times 156 = 450 \text{ kgr.}$$

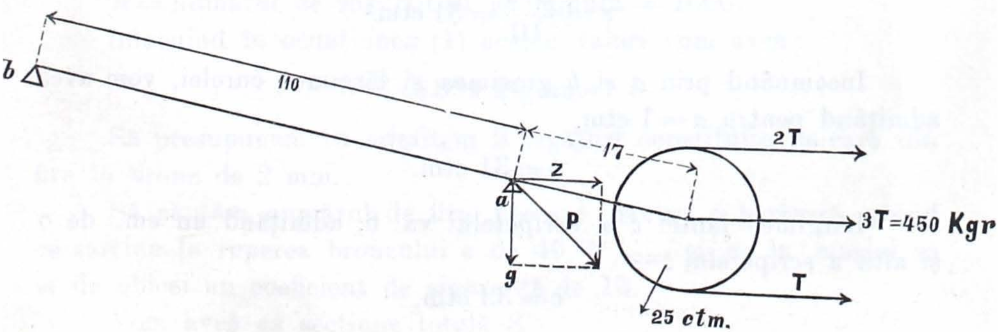


Fig. 6.

Presiunea exercitată asupra palierului $a$ cel mai încărcat va fi:

$$z = \frac{450 \times 127}{110} = 520 \text{ klg.}$$

Compunând presiunea orizontală $z$, cu presiune verticală $g$, vom aveà presiunea totală asupra cusinetului cel mai încărcat

$$P = \sqrt{g^2 + z^2} = 537 \text{ kgrame.}$$

Pentru ca polierul să nu se încălzească trebue ca (Fischer-Hiunen)

$$\frac{\pi d u}{60 \times 100} . P . f \leqq d l A$$

$$(1) \qquad l \geqq \frac{P f n}{1900 \, A}$$

$f = 0{,}05$ coeficient de frecare.

$A = 1 \dfrac{\text{kg—metru}}{\text{ctm}^2}$ travaliu maxim de frecare.

Resultă din formula (1) că:

$$l \geqq 14{,}1 \text{ ctm.}$$

Or noi am admis pentru lungimea cusinetului $l = 16$ ctm., deci se verifică.

*Calculul curbei*. In partea exterioară a curelei am văzut că avem un effort $2\,T = 310$ kgr.

Admițând ca presiune specifică $10^{\text{kgr.}}/_{\text{ctm}^2}$, vom aveà ca secțiune a curbei:

$$s = \frac{310}{10} = 31 \text{ ctm}^2$$

Insemnând prin $a$ și $b$ grosimea și lărgimea curelei, vom aveà admițând pentru $a = 1$ ctm,

$$b = 31 \text{ ctm.}$$

Lărgimea jantei $c$ a scripetelui va fi, admițând un cm. de o și alta a scripetelui:

$$c = 33 \text{ ctm.}$$

Janta roatei se face de obicei bombată, se admite ca rază de bombament $r$, de 4 ori lărgimea ei deci va fi:

$$r = 4 \times 33 = 132 \text{ ctm.}$$

*Calculul penelor*. Ne servim de formule empirice-

Calculul lărgimei $l$:

$$l=\frac{1}{4}d+0{,}3 \text{ ctm}$$

$d$ = diametrul arborelui = 5

$$l=1{,}55$$

în mediu

$$l=2 \text{ ctm.}$$

Calculul grosimei $e$:

$$e=\frac{1}{10}d+0{,}3 \text{ ctm.}$$

$$e=0{,}8 \text{ ctm.}$$

*Calcul legăturilor induitului.* Efortul în k-grame exercitat asupra acestor legături e dat de formula:

$$Z=NsLDn^2\frac{0{,}83}{10^{10}}$$

N = numărul de fire a induitului = 108.

$s$ = secțiunea firului conductor în mm² pe induit coprinzând și isolantul $\frac{\pi\times 5{,}5^2}{4}$.

L = lungimea tamburului induit = 48 ctm.

D = diametrul tamburului = 28 ctm.

$n$ = numărul de învârtituri pe minută = 1000.

Inlocuind în ecuațiunea (1) aceste valori vom aveà:

$$Z=331 \text{ k-grame}$$

Să presupunem că admitem 5 legături constituite fie-care din fire în bronz de 2 mm.

Să căutăm numărul de fire necesar pentru o legătură, știind că sarcina la ruperea bronzului e de 46 $^{\text{kgr.}}/_{\text{mm}^2}$ și că la mașini se ia de obicei un coeficient de siguranță de 15.

Vom aveà ca secțiune totală S

$$S=\frac{\pi d^2}{4}\times n\times 5$$

$n$ = numărul de fire din o legătură.

$d$ = diametrul unui fir.

$$S = 15{,}70^{mm^2}$$

Avem :

$$n \times S \times R = F$$

$n$ = numărul de fire din o legătură.
S = secţiunea totală.
R = resistenţa la rupere = $46^{kgr./mm^2}$.
F = forţa totală.
Inlocuind în formulă prin valorile lor avem :

$$15{,}70 \times n \times \frac{46}{15} = 331$$

$$n = 7 \text{ aproximativ}$$

Vom aveà deci 5 legături formate fie-care din 7 fire de bronz de 2 mm diametru.

*Randamentul electric al maşinei.* Ştim că perderile totale în dynam se ridică 2700 Watti în care se coprinde perderi datorite efectului Joule în inductor şi înduit, perderi datorite curenţilor lui Foucault, perderi prin hysteresis, perderi prin frecare contra cusineţilor.

Deci randamentul electric care e raportul puterei utile la puterea totală va fi de 87%, care se apropie de cel impus, având în vedere puterea maşinei.

Figurele de sub literile A, B, C, D, ne arată modul de construcţiune a acestui dynamo precum şi diferite secţiuni făcute în el spre a se arăta părţile lui esenţiale ca construcţiune şi dimensiuni.

**Nicolae I. Brătescu**
Inginer în Divisia Technică din
Administraţia Telegrafelor şi Telefoanelor.