



# Obliczenie

## transformatora trójfazowego

230  
 0,516  
 584  
 292  
 0,6673

Stanisław Fryze  
 słuch. 4. r. elektr.

Obliczenie Transformatora trójfazowego z chłodzeniem olejowym dla skutku elektrycznego  $L = 35 \text{ Kw}$ , napięcia pierwotnego  $5000 \text{ V}$  wtórnego  $500 \text{ V}$ , dla popędu motorem asynchronicznym o  $\cos \varphi = 0.87$  (przy pełnym obciążeniu).

Dane:

$U_1 = 5000 \text{ V} = U_2 = 500 \text{ V}$ ,  $L = 35 \text{ Kw}$ ,  $\cos \varphi = 0.87$  (tak jak w motorem)

1. Wybór przekroju i miedzi wrogzenia  $s = 1.2$  (przyjmuje), zatem

2. Straty miedzi na  $1 \text{ Kg} = 2.6 \cdot s^2 = 2.6 \cdot 1.2^2 = 3.75 \text{ Watt}$

pcu  $v_m = 3.75 \text{ Watt/Kg}$

3. Straty żelaza (histeresa i prąd wirowy) przyjmuje dla blach

• grubości  $0.3 \text{ mm}$  na  $1 \text{ Kg} = 2.5 \text{ Watt}$

pcz  $v_z = 2.5 \text{ Watt/Kg}$

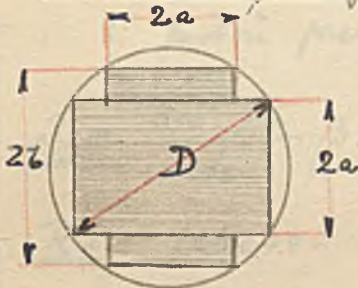
4. Stosunek ciężarów żelaza transformatora do miedzi wrogzenia  $\beta$

$\beta = \frac{G_z}{G_m} = 1.5$   $\beta = 1.5$  (przyjmuje) ?

5. Stosunek strat żelaza i miedzi  $\alpha$

$\alpha = \frac{v_z}{v_m} \cdot \beta = \frac{2.5}{3.75} \cdot 1.5 = 1$   $\alpha = 1$

6. Koef. kształtu przekroju rdzenia i stopień wypełnienia  $f_z$



$f_z = \frac{F_e}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{0.616 D^2 \cdot 0.9}{\frac{\pi D^2}{4}} = 0.71$

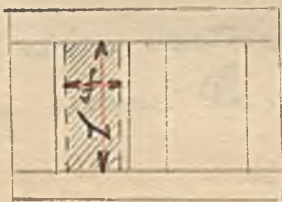
aktywny przekrój geometryczny przekroju

$f_z = 0.71$

Maximum dla takiego przekroju  $\left\{ \begin{array}{l} a = 0.263 D \\ b = 0.425 D \end{array} \right.$   
 grubie są  $F_e = 0.616 D^2$

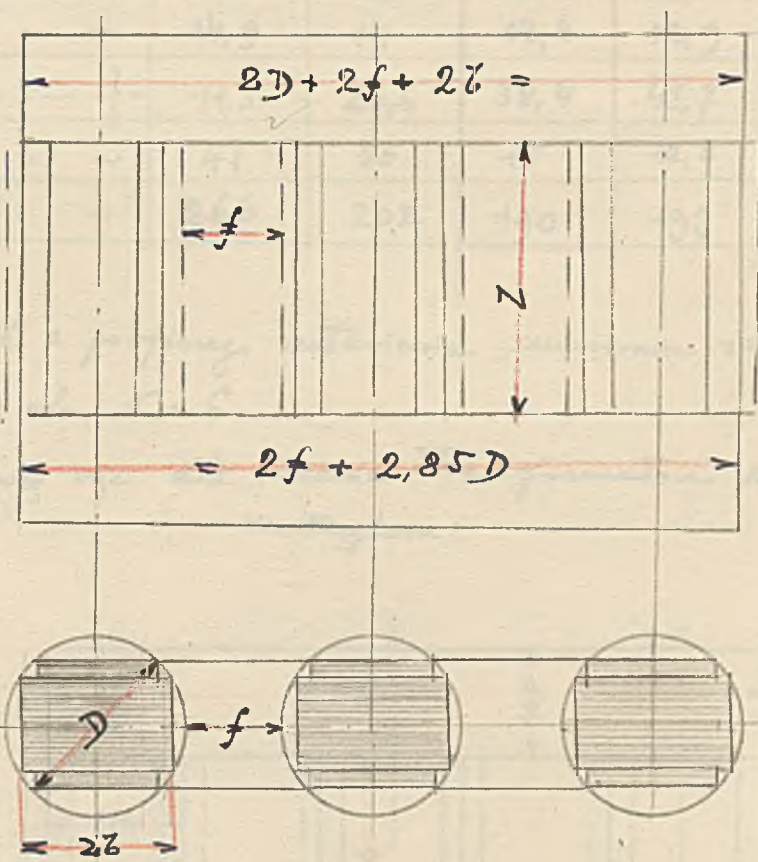
7. Stopień wypełnienia miedzi  $f_m$

$f_m = \frac{q_1 \xi_1 + q_2 \xi_2}{f \cdot l} = \frac{D_m}{f \cdot l}$  przyjmuje  $f_m = 0.253$



3. Obliczenie wymiarów rdzenia Transformatora.

$$l = \frac{D}{3} \left\{ K - 2,85 + \sqrt{(K - 2,85)^2 + \frac{3K}{S} \cdot (K - 4)} \right\}$$



dla  $F_e = 0,616 D^2$   
 $f_e = 0,71$

Podanym wzorem oznacza:

$$R = \frac{0,385 \cdot L \cdot 10^6}{f_e \cdot f_m \cdot B \cdot v \cdot s} = \frac{0,385 \cdot 35000 \cdot 10^6}{0,71 \cdot 0,253 \cdot 12000 \cdot 50 \cdot 1,2} = 104200$$

B gęstość linii magnetycznych w rdzeniu przyjmujemy  $B_{max} = 12000$   
 v. ilość periodów na sekundę = 50.  
 s. gęstość prądu = 1,2.

$$S = \frac{3,5 \cdot f_m \cdot \beta}{f_e} = \frac{3,5 \cdot 0,253 \cdot 1,5}{0,71} = 1,87$$

$$RS = 104200 \cdot 1,87 = 195000$$

461 kbit 1,87

$K = \frac{RS}{D^4}$  przyjmujemy od 5-9, gdyż niższy temi wartościami dostawcy minimum zelaza.

z poprzedniego  $D^4 = \frac{RS}{K} = \frac{195000}{5 \text{ do } 9}$

$$f = \frac{R}{D^2 \cdot l} \quad \text{Ciężar zelaza } G_e = 0,006 D^2 \cdot f_e (3l + 4f + 5,7D)$$

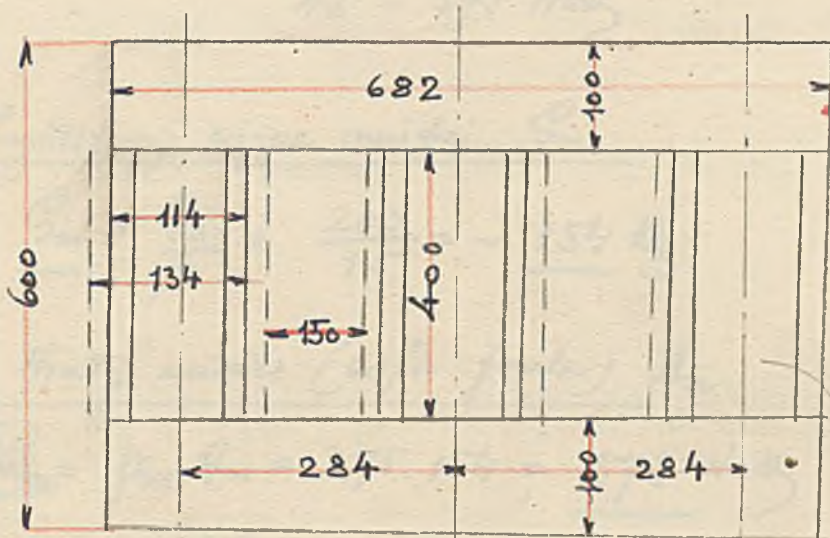
Przyjmując różne wartości dla K (od 4 do 8) obliczamy D, l, f oraz ciężar zelaza  $G_e$ . Podaje to następującą tabeliczkę.

$K = \frac{RS}{D^4}$ (przyjmuje)	4	5	6	7	8		
$D^4 = \frac{RS}{K} = \sim$	48,700	38,900	32,400	27,800	24,300		
$D^2 = \sqrt{D^4} = \sim$	221	197	180	167	156		
$D = \sqrt{D^2} = \sim$	14,9	14	13,4	12,9	12,5		
$h = \frac{D^2}{3} \dots \dots \dots$	11,5	26,6	38,4	48,7	58,2		
$f = \frac{R}{32h} = \sim$	41	20	15	12,8	11,5		
$Q_e = \sim$	266	202	190	193	195		

Jak vidieť z porovnania usporiadania minimum zelene (a viac 8-ke i miedzi) dostavimyj dla K=6.

Prizjmujs vje dla pdeenia Transformatora postepujjseu vjmiary.  
 skokrajone:

$$\frac{682}{400} = 1,7$$



Prizjmujs vje.

$$F_z = 0,616 D^2 = 0,9.$$

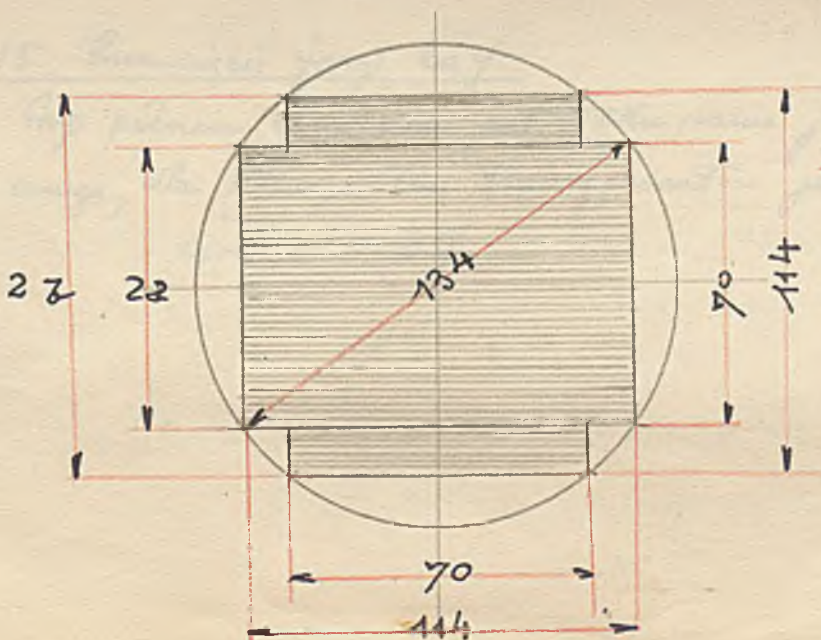
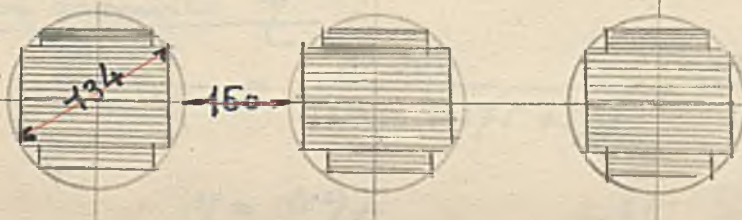
$$0,9 \cdot 0,616 \cdot 134^2 = 100 \text{ cm}^2$$

$$F_{jam} = 0,9 \cdot 114 \cdot x = 100 \text{ cm}^2$$

$$x = \frac{100}{0,9 \cdot 114} = 9,75 \text{ cm}$$

$$\sim x = 10 \text{ cm} = 100\%$$

Kolenny



$$2a = 2 \cdot 263 \cdot D = 2 \cdot 263 \cdot 134 = 70\%$$

$$2b = 2 \cdot 0,425 \cdot D = 2 \cdot 0,425 \cdot 134 = 114\%$$

$$D = 134$$

9. Przekrój rdzenia cewki  $F_z$

$$F_z = 0.9 \cdot 0.616 \cdot D^2 = 0.9 \cdot 0.616 \cdot 13,4^2 \approx 100 \text{ cm}^2$$

10. Ciężar rdzenia Transformatora  $G_z$

$$G_z = F_z \cdot 3 \cdot l \cdot \frac{7.8}{1000} = 100 \cdot 3 \cdot 40 \cdot \frac{7.8}{1000} = 93.5 \text{ kg}$$

$$+ 2 \cdot 68,2 \cdot 10,11,4 \cdot 0.9 = \frac{7.8}{1000} = 109$$

$$\frac{202.5 \text{ kg}}$$

$\sim G_z = 203 \text{ kg}$

całki  
380

11. Straty rdzenia (histerese i prąd wirowe)  $P_z$

$$P_z = p_z \cdot G_z = 2,5 \cdot 203 = 507.5 \text{ Watt}$$

$P_z = 575 \text{ Watt}$

202  
154  
356

12. Przybliżony ciężar miedzi  $G_m$

$$G_m = \frac{G_z}{\rho} = \frac{203}{1.5} \approx 135 \text{ kg}$$

13. Straty miedzi (cepło Fouca)  $P_{cu}$

$$P_{cu} = p_{cu} G_m = 3,75 \cdot 154 = 577.5 \text{ Watt}$$

Stratami

14. Stopień sprawności  $\eta$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in} + \text{straty}} = \frac{35000}{35000 + 575 + 578} = \frac{35000}{36153} = 0.97$$

$\eta = 0.97$

0,96 Ef. miedzi

15. Przebiegię fazy  $\cos \varphi$

Być pełnym obciążeniem jest taki sam jak u motora asynchronous-  
nego, dla którego Ten Transformator jest przeznaczony, a więc

$\cos \varphi = 0.87$

16. Grad u jedne fazi uvoznia prvotnoga  $i_1$

a) Presunice fazy  $\cos \phi_2$  (bilo da motor asinhronizirano)  $\cos \phi_2 = 0.87$

b) Prijmuje presunice fazy prvotne  $\cos \phi_1 = 0.85$

c)  $L = e_1 I_1 \sqrt{3} \cos \phi_1 \cdot \eta$   $I$  neticuni pade prvotne

$$I_1 = \frac{L}{e_1 \sqrt{3} \cos \phi_1 \cdot \eta} = \frac{35000}{5000 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.85 \cdot 0.97} = \sim 4.9 \text{ amp}$$

Prijmuje da uvoznia prvotnoga poteczenie u gricade  $\lambda$ , cetem meter. pade prvotne rovna sis fazevemu, cykli  $I_1 = i_1 = 4.9 \text{ amp}$

$i_1 = 4.9 \text{ amp}$

17. Spadek napiseie otkovny u jedne fazi  $\epsilon_I'$  (uvoznia prvotnoga)

a) Cokkovite straty midki byty  $\Delta m = 578 \sim 580 \text{ Watt}$

Rozdrilom je po polovic na oba uvoznia, cykli

mi trubi  
bo  $R_{\text{induk}}$

$$\Delta m_I = \Delta m_{II} = \frac{580}{2} = 290 \text{ Watt}$$

b) Pouivaz  $\Delta m_I = 3 i_1^2 R_1$ ,  $\epsilon_I = i_1 R_1 = \frac{\Delta m_I}{3 i_1}$

$$\epsilon_I = \frac{\Delta m_I}{3 i_1} = \frac{290}{3 \cdot 4.9} = \underline{19.7 \text{ V}}$$

18. Spadek napiseie indukejnny u jedne fazi  $\epsilon_I''$  (uvoznia prvotnoga)

Prijmuje, ze  $\epsilon_I'' = 80\% \epsilon_I' = 0.8 \cdot 19.7 = \sim 15.8 \text{ V}$

19. Spadek napiseie celkovny u jedne fazi (uvoznia prvotnoga)

$$\epsilon_I = \sqrt{\epsilon_I'^2 + \epsilon_I''^2} = \sqrt{19.7^2 + 15.8^2} = 25.2 \text{ V} \sim 25 \text{ V}$$

$\epsilon_I = 25 \text{ V}$

20. S. E. M. jedne fazy uvoznia prvotnoga (poteczenie u gricade)  $E_1$

$$E_1 = \frac{e_1}{\sqrt{3}} - \epsilon_I = \frac{5000}{\sqrt{3}} - 25 = 2890 - 25 = 2865 \text{ V}$$

$E_1 = 2865 \text{ V}$

21. Procentovny spadek napiseie jedne fazy  $\epsilon_{I2}$

$$\epsilon_{I2} \% = \frac{25}{2890} \cdot 100 = \underline{0.865\%}$$

22. Procentovny spadek napiseie midrymurovny (prvotnii)  $\epsilon_{I12}$

$$\epsilon_{I12} = 0.865\% \cdot \sqrt{3} = \underline{\sim 1.5\%}$$

23. Grad v jedni fazi uvoznia stornego  $i_2$

a) Prinesenie fazy predu stornego bylo dla motoru asynchronnogo  $\cos\phi = 0.87$

To samo vice musi byti ve stornem uvoznim transformatoru, cyli

$\cos\phi_2 = 0.87$

b)  $L = e_2 i_2 \sqrt{3} \cdot \cos\phi_2$ , cyli dla potvrcenia vgricade

$i_2 = \frac{L}{e_2 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi_2} = \frac{35000}{500 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.87} = 46.5 \text{ amp}$

(ocenyseu ta sama vartou co prvj motoru asynchronnym)

24. Spadek napizcia otovor v jedni fazi  $\epsilon'_{II}$  (uvoznia stornego)

$\epsilon'_{II} = \frac{I_m II}{3 \cdot i_2} = \frac{290}{3 \cdot 46.5} = 2.08 \text{ V}$

25. Spadek napizcia indukcyjny v jedni fazi  $\epsilon''_{II}$  (uvoznia stornego)

$\epsilon''_{II} = 0.8 \cdot \epsilon'_{II} = 2.08 \cdot 0.8 = \sim 1.66 \text{ V}$

26. Spadek napizcia celkovity v jedni fazi  $\epsilon_{II}$  (uvoznia stornego)

$\epsilon_{II} = \sqrt{2.08^2 + 1.66^2} = 2.64 \text{ V}$

$\epsilon_{II} = 2.64 \text{ V}$

27. S.E.M. jedni fazy uvoznia stornego (potvrceni v gricade)  $E_2$

$E_2 = \frac{500}{\sqrt{3}} + 2.64 = 289 + 2.64 = 291.64 \sim 292 \text{ V}$

$E_2 = 292 \text{ V}$

28. Procenrovj spadek napizcia jedni fazy  $\epsilon_{II} \%$

$\epsilon_{II} \% = \frac{2.64}{292} \cdot 100 = 0.91 \%$

29. Procenrovj spadek napizcia usredn porovovj (stornem)  $\epsilon_{II \lambda} \%$

$\epsilon_{II \lambda} = 0.91 \cdot \sqrt{3} = 1.57 \%$

30. Celkovity spadek Transformatora  $\epsilon$

$\epsilon = \sim \epsilon_{II \lambda} + \epsilon_{II \lambda} = 1.5 + 1.57 = 3.07 \% \sim 3.1 \%$

$\epsilon = 3.1 \%$

31. Uzrojenie Transformatora

a) Tak prvotnie jak i vtornie potrovenie v grardz

b)  $i_1 = 4.9 \text{ amp}$ ,  $i_2 = 46.5 \text{ amp}$  (predu v druce certy farovej)

c)  $E_1 = 2865 \text{ V}$ ,  $E_2 = 292 \text{ V}$  (SEM certy farovej)

d) Flou prvjov v cerce uzrojenia prvotnago  $\xi_1$

$$\xi_1 = \frac{E_1 \cdot 10^8}{4.44 \cdot \Phi \cdot \omega f}$$

$$\Phi = \xi_2 \cdot B \quad \text{prijmyje } B = 10800$$

$$\Phi = 100 \cdot 10800 = 1.08 \cdot 10^6$$

$$\omega = 50 \quad (\text{periodov na sekundu})$$

$$\xi_1 = \frac{2865 \cdot 10^8}{4.44 \cdot 1.08 \cdot 10^6 \cdot 50} = \sim 1200$$

e) Previesenie Transformacii  $\mu$

$$\mu = \frac{E_1}{E_2} = \frac{2865}{292} = 9.84$$

f) Flou prvjov v cerce uzrojenia vtornago  $\xi_2$

$$\xi_2 = \frac{\xi_1}{\mu} = \frac{1200}{9.84} = 122 \sim 126$$

g) Flou cerch vyotkigo napiseia m

a) napiseia na jeden prvj  $e = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 1200} = \sim 2.4 \text{ V}$

b) vykonuje napiseia kvarkove 0

6 cerkach vyotkigo napiseia po 200 voji

6 " malkigo " po 21 voji

h) Vymary drutu uzrojenia prvotnago  $q_1$  i  $d_1$   $d_1'$

a) Sntri predu - pomadno prijito  $s = 1, 2, \dots$ , utem

$$q = \frac{i_1}{s} = \frac{4.9}{1.2} = 4.1 \text{ amp}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4.91}{\pi}} = \sqrt{\frac{41.4}{\pi}} = 2.28 \text{ mm } \phi \text{ prijmyje } 2.3 \text{ mm } \phi$$

$$d_1 = 2.3 \text{ mm } \phi \text{ (zoty)}$$

$$d_1' = 2.8 \text{ mm } \phi \text{ (2 + udanya)}$$

i) Vymary jedneho kvarka vyotkigo napiseia

8 drutov v jednyx vradie ...  $8 \times 2.8 = 22.4 \text{ mm}$

prezoda izolacijna v pordku ...  $+ 6 \text{ "}$

izolacija vnutorna ...  $2 \times 0.5 = 1 \text{ "}$

Hypotku kvarka  $t_0 = 25 \text{ mm}$

$25.0 \text{ mm}$

otkladim

$\frac{25}{2} = 12.5$

$t_0 = 27$



Šerokai kriška  $\frac{200}{8} = 25$

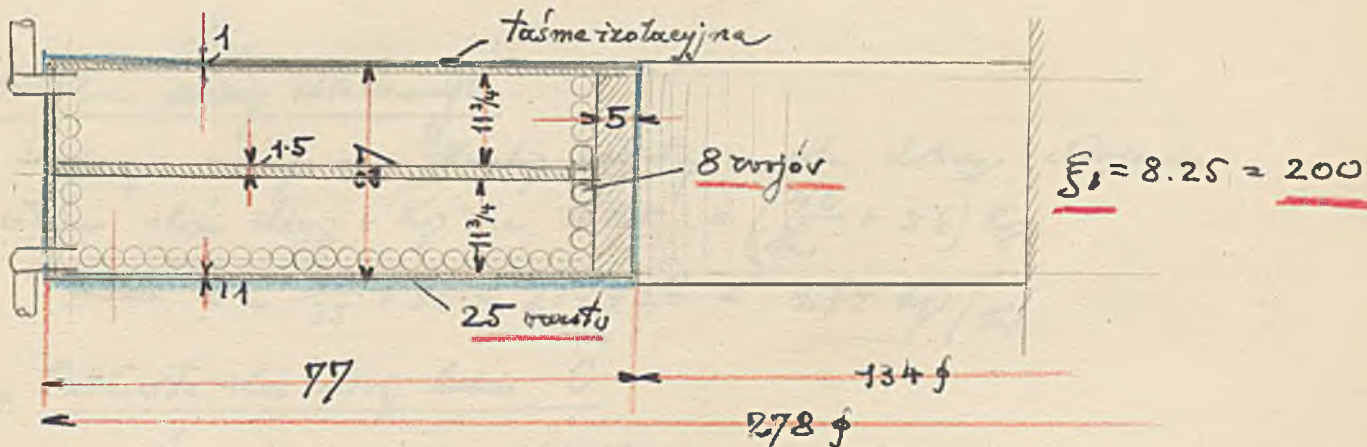
25 vrstov  $\times 2.8 = 70$  cm

izloaga midraj pokriva 5 "

izloaga zemitna  $2 \times 0.5 = 1$  "

76 cm

Šerokai kriška  $b = 76 \text{ cm} + 1 = 77 \text{ cm}$



j) Dimenzij debla uvojenia stornego  $q_2, d_2, d_2'$

Štorni preda  $s = 1.2$

$q_2 = \frac{i_2}{s} = \frac{46.5}{1.2} = 38.8 \text{ cm}^2 \sim 40 \text{ cm}^2$

4 cela dopodnega vyprovadzeva krišov pryjmyje. Tak, jak pryj vyokim napreim uvojenia stornu = 2 vrstov, vykonane postlim midrianyu o vymiarach  $\frac{10 \times 4}{10} = 40 \text{ cm}^2$

k) Dimenzij kriška nirkieho napreia

Šyokai kriška:  $2 \times 10 = 20$  "

izloaga  $3 \times 1 = 3$  "

24 cm

$L = 24 \text{ cm}$

Šerokai kriška:  $11.4 = 44$  "

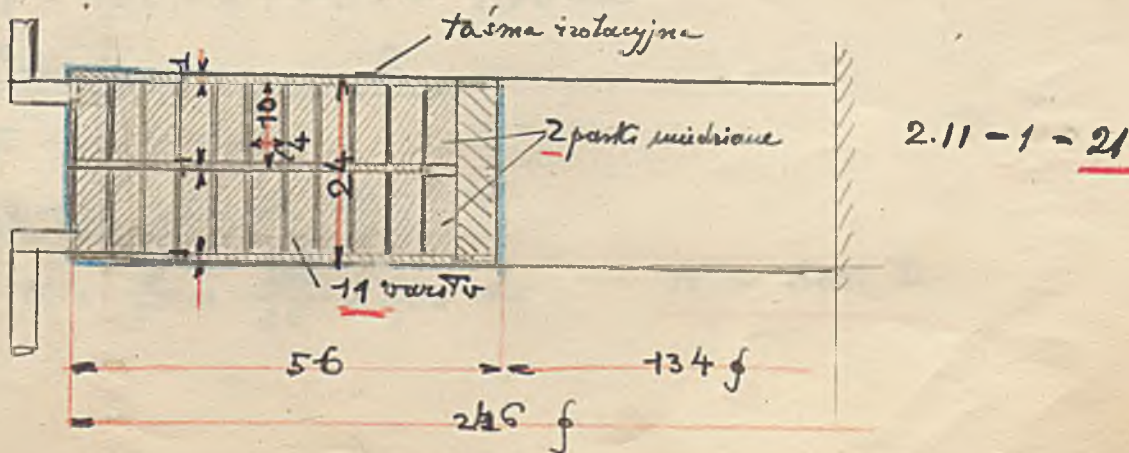
izloaga pryj pokriva = 5 "

izloaga midraj pokriva  $10 \times 0.5 = 5$  "

" zemitna ..... 1 "

55 cm

Šerokai  $b = 55 \text{ cm} + 1 = 56$



b) Ulozenu kraitkav

- 1) Kraitki vysokeho napiseia  $6 \times 27 = 162 \text{ m}$  napremanam z kraitkami nirkkego nape.
  - 2) " nirkkego "  $6 \times 24 = 144 \text{ m}$
  - 3) ivolayze puidry kraitkami:  $11 \times 5 = 55 \text{ m}$
  - 4) " pyj jarmie  $2 \times 19 \text{ m} = 38 \text{ m}$
- $399 \sim \underline{400 \text{ m}}$

32. Flou olejy otodrenygo

Prizjmyje naczynie z blachy falintej v celu dobrego chlodzenia ratem ilou olejy v kg na 1 Kw =  $(\frac{40}{2} + 3.6) \text{ kg}$

ratem 0 =  $\frac{40}{35} + 3.6 = 1.14 + 3.6 = 4.74 \text{ kg/m}^3$

a) Calkovite ilou olejy borie 0

$0 = 4.74 \cdot 35 = 166 \text{ kg}$

b) Objetoi olejy V

$V = \frac{Q}{\gamma} = \frac{166}{0.89} = 186 \text{ dm}^3$

c) Objetoi iclave jost V<sub>i</sub>

$V_i = \frac{Q_i}{\gamma_i} = \frac{203}{7.7} = 26.4 \text{ dm}^3$

d) Objetoi muidri V<sub>m</sub>

$V_m = \frac{Q_m}{\gamma_m} = \frac{154}{8.9} = 17.3 \text{ dm}^3$

e) Objetoi iclave i muidri V<sub>im</sub>

$V_{im} = 26.4 + 17.3 = 43.7 \text{ dm}^3 \sim 44 \text{ dm}^3$

f) Objetoi ivolayze i vresei dodetkovykh  
tracuji na  $60 \text{ dm}^3$

g) Calkovite objetoi V

$V = 186 + 44 + 60 = 290 \text{ dm}^3$

h) Povirachnia dna F

$F = \sim 36 \text{ dm}^2$

i) vyokoi vuzicidra olejy H

$H = \frac{V}{F} = \frac{290}{36} = 8.05 \text{ dm}$

$H \sim \underline{800 \text{ m}}$

33. Temperatura max. przy podaniu obciążenia

a) Powierzchnia chłodzenia Transformatora 0

$$O = \sim 3\pi l(D+f) + \frac{3\pi f}{4}(2D+f) + 2 \frac{2l}{3}(3l+4f+5,7D)$$

$$= 3\pi \cdot 40(13,4+15) + \frac{3\pi \cdot 15}{4}(2 \cdot 13,4+15) + 13,4 \cdot \frac{45,6}{13,4}(3 \cdot 40 + 4 \cdot 15 + 5,7 \cdot 13,4)$$

$$= 377 \cdot 28,4 + 55,3 \cdot 41,8 + 45,5 \cdot 256 = 10700 + 1475 + 11650 = \underline{23825 \text{ cm}^2}$$

b) Straty ciepłota  $\Delta = 575 + 578 = \underline{1153 \text{ W}}$

c) powierzchnia na 1Watt  $O = \frac{23825}{1153} = 20,5 \text{ cm}^2/\text{Watt}$  54°C

Wiedząc kątka odpowiada tej powierzchni na 1Watt

d) Temperatura  $T = 54^\circ\text{C}$  co jest dopuszczalne.

34. Prąd bieżący jądrowego io

a) Prąd magnetyzujący ip

$$i_p = \frac{H_e(l+2D)+2f+2x) + H_e'(l+x+D+f) + 0,015 B_e}{0,4\pi \cdot 1,5 \cdot \xi \cdot \sqrt{2}}$$

$B = 10800$  (poprzednio przyjęto),  $\xi_i = 1200$ ,  $l = 40 \text{ cm}$ ,  $D = 13,4 \text{ cm}$ ,  $f = 15 \text{ cm}$

$x =$  (wyk. kł. jama)  $= 10 \text{ cm}$

$H_e$  (dla  $B_e = 10800$ )  $\dots 4,4$ ,  $H_e'$  (dla  $\frac{B}{2} = \frac{10800}{2} = 5400$ )  $\dots \sim 1$

$$i_p = \frac{4,4(40+2 \cdot 13,4+2 \cdot 15+2 \cdot 10) + 1(40+10+13,4+15) + 0,015 \cdot 10800}{0,4\pi \cdot 1,5 \cdot 1200 \sqrt{2}} = \underline{0,234 \text{ amp}}$$

Straty przy bieżącym bieżącym odpowiada stratom ciepła, czyli

$$3 \cdot i_w \cdot e_1 = \Delta z = 575 \text{ W}$$

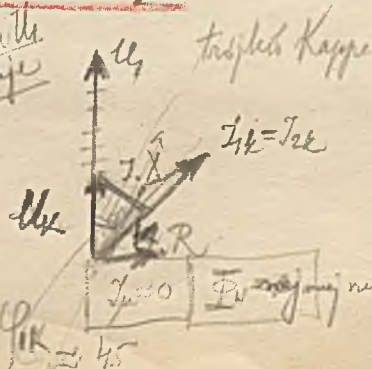
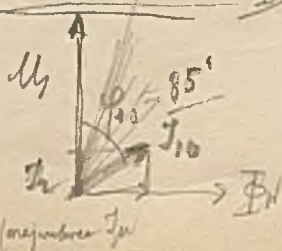
$$3 \cdot i_w \cdot 2890 = 575$$

$$i_w = \frac{575}{3 \cdot 2890} = \underline{0,0664 \text{ amp}}$$

$$i_0 = \sqrt{i_p^2 + i_w^2} = \sqrt{0,234^2 + 0,0664^2} = \sim 0,244 \text{ amp}$$

$$\underline{i_0 = 0,244 \text{ amp}}$$

Napięcie prądu  $\frac{30 \text{ mm}}{\Phi_{10} \text{ młotki}}$



$$R = R_1 + R_2 \frac{z_1}{z_2}$$

$$X = X_1 + X_2 \frac{x_1}{x_2}$$

$$I_k = I_{k2}$$

$\Phi_{10}$  młotki, prąd zero

$$I_{1k} = 45$$

