

Z tabeli XVIII bierzemy napięcie na 1 zwój i obliczamy liczbę zwojów obu uzwojeń oraz strumień. Zakładamy indukcję w słupie B_s , wyznaczamy S_s i D .

Przyjmujemy następnie gęstości prądu i obliczamy przekroje s_1 i s_2 .

Dalej, z równania (24):

$$L_s = \frac{I_1 w_1 + I_2 w_2}{AP} \quad \dots (26)$$

Z równania (25):

$$a = \frac{2(w_1 s_1 + w_2 s_2)}{L_s f_m} \quad \dots (27)$$

Możemy teraz obliczyć długość jarzma L_j .

Wszystkie zasadnicze wielkości są już wyznaczone. Należy zwoje każdego z uzwojeń rozbić na poszczególne cewki, obliczyć straty mocy w żelazie i w miedzi, sprawdzić napięcie zwarcia — i w wypadku rozbieżności zmienić pewne założenia — tak by wyniki odpowiadały postawionym na początku wymaganiom.

4. Przykład liczbowy.

Zaprojektować transformator trójfazowy — chłodzenie naturalne olejowe. 75 kVA. Δ/\sim 15000/400/231 V., z regulacją napięcia w granicach $\pm 4\%$. Straty w żelazie — 540 W. Straty w miedzi $2,5\%$ = 1875 W. Napięcie zwarcia $V_{z\%} = 4,1\%$; $f = 50 \sim/\text{sek}$.

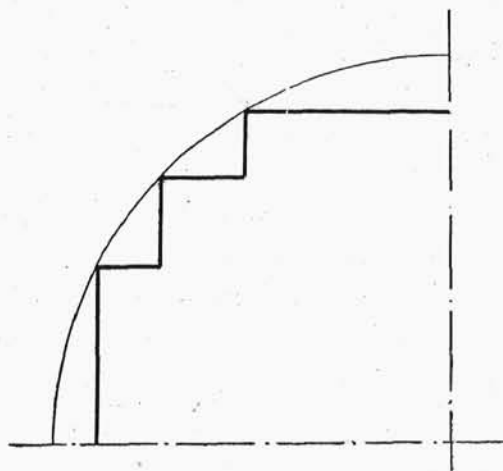
I. Obwód magnetyczny.

Blacha: $\Delta = 0,35 \text{ mm.}$,
z dużą domieszką krzemu,
 $\Delta p_z = 1,3 \text{ W/kg}$. Obieramy
kształt przekroju słupa,
jak na rys. 244.

Obliczamy stosunek
powierzchni $\frac{\square}{\bigcirc} = 0,845$ *).

Przyjmujemy $k_2 = 0,86$.
 $f_z = \frac{\square}{\bigcirc} k_2 = 0,845 \cdot 0,86 =$
 $= 0,726$ *).

Napięcie na 1 zwój



*) Patrz notkę na str. 207.

Rys. 244.

z tabeli Kehse $e = 3,7$ V. Przybliżona liczba zwojów wtórnych jednej fazy (poł. w \sim):

$$w_2 = \frac{V_{2f}}{e} 1,15 = \frac{231}{3,7} \times 1,15 \cong 72;$$

Przekładnia fazowa:

$$\vartheta = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 231} = 37,5;$$

Liczba zwojów pierwotnych:

$$w_1 = \frac{w_2}{1,15} \vartheta = \frac{72}{1,15} 37,5 = 2350.$$

Jak z dalszego rachunku wynika, napięcie zwarcia przy tej liczbie zwojów wypada za małe. Musimy zwiększyć liczbę zwojów przez przyjęcie mniejszego napięcia na 1 zwój: $e \cong 3,3$ V;

$$\underline{w_2} = \frac{231}{3,3} 1,15 = 80,5 \cong 80 = \underline{2 \times 40}.$$

$$\underline{w_1} = \frac{80}{1,15} \cdot 37,5 = \underline{2610}$$

$$\text{Strumień } \Phi = \frac{V_{2f} \cdot 1,15}{4,44 f w_2} 10^8 = \frac{231 \cdot 1,15}{4,44 \cdot 50 \cdot 80} 10^8 = 1495000 \text{ M.}$$

Zakładając indukcję w słupie $B_s = 13750$ G, otrzymamy przekrój czystego żelaza:

$$\underline{S_s} = \frac{\Phi}{B_s} = \frac{1495000}{13750} = \underline{108,8 \text{ cm}^2}.$$

skąd średnica

$$D = \sqrt{\frac{4 S_s}{\pi f_z}} = \sqrt{\frac{108,8 \cdot 4}{\pi \cdot 0,726}} \cong 13,8 \text{ cm.}$$

$$\text{Uwaga. Według Kehse: } D = 5 \sqrt[4]{P} = 5 \sqrt[4]{75} \cong 14,7 \text{ cm.}$$

$$\text{Według Richtera: } S_s = c \sqrt{\frac{P'}{f}} = 5 \sqrt{\frac{75000}{3 \cdot 50}} \cong 112 \text{ cm}^2 \quad [c \cong 5]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 112}{\pi \cdot 0,726}} = 13,9 \text{ cm.}$$

Przyjmujemy ostatecznie: $D = 13,8$ cm.

Przystępujemy teraz do wyznaczenia wysokości słupa L_s .

$$L_s = \frac{\Delta P_z \cdot 10^3}{(1,1 \div 1,2) \gamma \cdot \Delta p_z \cdot S_s \left(\frac{B_s}{10000} \right)^2 \left(m + 2 \frac{\alpha}{\beta} \right)}$$

Przyjmujemy $B_j = 12000 \text{ G}$, skąd $\beta = \frac{B_s}{B_j} = \frac{13750}{12000} = 1,145$;

$$\alpha = \frac{L_j}{L_s} \approx 1,4.$$

Pozostałe wielkości już mamy: $\Delta P_z = 540 \text{ W}$. $\gamma = 7,6 \text{ kg/dcm}^3$

$$S_s = 108,8 \text{ cm}_2; \quad m = 3; \quad B_s = 13750 \text{ G}.$$

Straty dodatkowe w żelazie są oszacowane na 10%.

$$\underline{L_s} = \frac{540 \cdot 10^3}{1,1 \cdot 1,3 \cdot 7,6 \cdot 108,8 \left(\frac{13750}{10000} \right)^2 \left(3 + 2 \frac{1,4}{1,145} \right)} = \underline{44,5 \text{ cm}}.$$

Długość jarzma: $L_j = \alpha L_s = 1,4 \cdot 44,5 \approx \underline{62,5 \text{ cm}}$.

Przekrój czystego żelaza w jarzmie: $\underline{S_j} = \frac{\Phi}{B_j} = \frac{1495000}{12000} = \underline{124,5 \text{ cm}^2}$.

Wyznaczona wysokość słupa L_s oraz długość jarzma L_j mogą po przeliczeniu obwodu elektrycznego jeszcze ulec zmianie.

II. Obwód elektryczny.

Dokładna liczba zwojów została wyznaczona poprzednio: $w_1 = 2610$; $w_2 = 80$. Biorąc pod uwagę regulację napięcia w granicach $\pm 4\%$, otrzymamy dla uzwojenia pierwotnego: $\underline{w_1 = 2610 \pm 104}$.

Przejdziemy do obliczenia przekrojów.

$$s_1 = \frac{m \rho w_1 I_1^2}{\Delta P_m} (1,15 l_{2sr} + l_{1sr}); \quad s_2 = \frac{m \rho w_2 I_2^2}{\Delta P_m} (l_{2sr} + 0,87 l_{1sr})$$

$$m = 3; \quad \rho = 0,00023 \Omega \text{ mm}^2/\text{cm}; \quad \Delta P_m = 1875 \text{ W}.$$

$$I_1 = \frac{75000}{\sqrt{3} \cdot 15000} = 2,89 \text{ A}. \quad I_2 = \frac{1}{3} I_1 = 37,5 \times 2,89 = 108,4 \text{ A}.$$

Należy wyznaczyć przybliżone średnie długości zwojów uzwojeń wysokiego i niskiego napięcia l_{1sr} i l_{2sr} .

W tym celu szacujemy poszczególne wymiary (rys. 239).

$$c \cong 3 \text{ mm}; a_2 \cong 12 \text{ mm}; a_1 \cong 25 \text{ mm}; \delta \cong 11 \text{ mm}.$$

$$l_{1sr} = \pi (D + 2c + 2a_2 + 2\delta + a_1) =$$

$$= \pi (138 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 11 + 25) = 67,6 \text{ cm}.$$

$$l_{2sr} = \pi (D + 2c + a_2) = \pi (138 + 2 \cdot 3 + 12) = 49 \text{ cm}.$$

$$s_2 = \frac{3 \cdot 0,00023 \cdot 108,4^3 \cdot 80}{1875} (49 + 0,87 \cdot 67,6) \cong 37,4 \text{ mm}^2.$$

$$s_1 = \frac{3 \cdot 0,00023 \cdot 2,89^3 \cdot 2610}{1875} (1,15 \cdot 49 + 67,6) \cong 0,99 \text{ mm}^2.$$

1) Uzwojenie wysokiego napięcia.

$w_1 = 2610 \pm 104$; $s_1 = 0,99 \text{ mm}^2$. Dajemy drut okrągły $\phi = 1,15 \text{ mm}$;

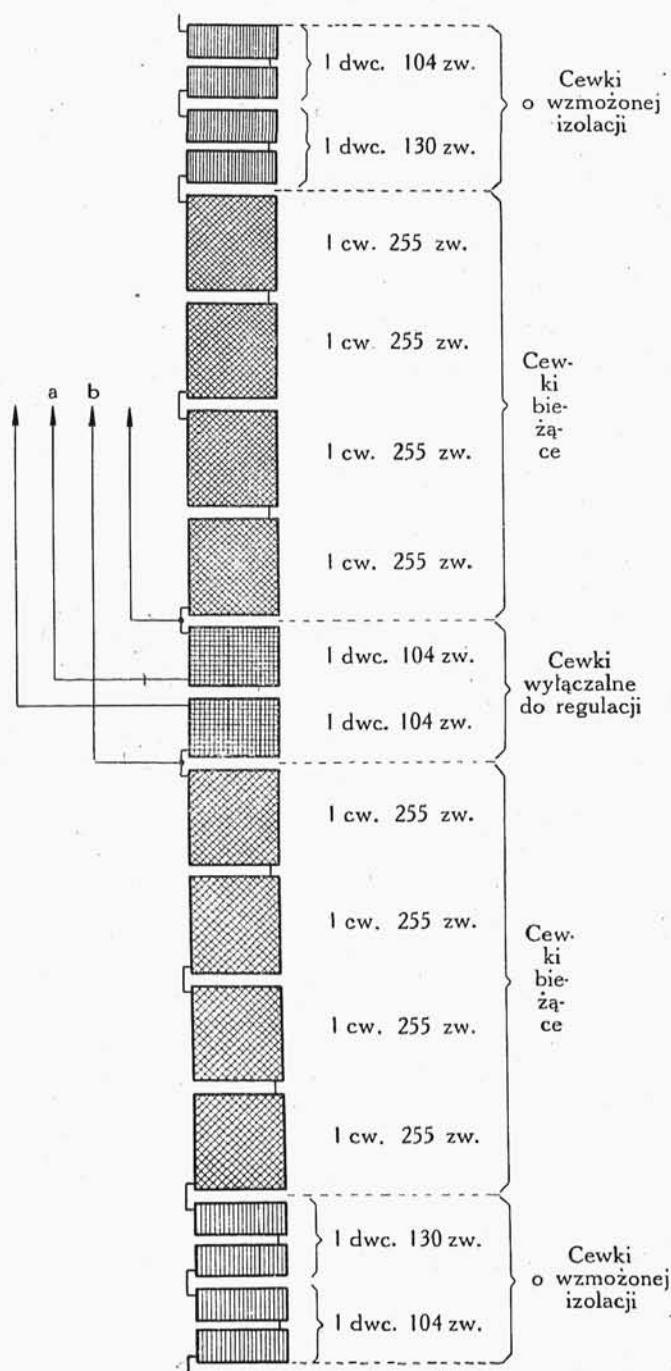
$$s_1 = 1,04 \text{ mm}^2; \text{ gęstość prądu } j_1 = \frac{I_1}{s_1} = \frac{2,89}{1,04} \cong 2,78 \text{ A/mm}^2.$$

Napięcie fazowe $V_{1f} = 8660 \text{ V}$. Wychodząc z zasady, że na 1 cewkę nie powinno przypadać więcej niż 1000 V, dajemy 8 cewek bieżących, reszta zwojów pójdzie na cewki o wzmożonej izolacji, oraz cewki służące do regulacji ($\pm 4\%$). Rozmieszczenie cewek na słupie wyjaśnia rys. 245 (*cw.* — cewka normalna, *dwc* — dwucewka). Odłączalne cewki dla regulacji dajemy pośrodku słupa (zgodnie z schematem na rys. 189). Na początku i końcu słupa uzwojenie otrzymuje wzmocnioną izolację w postaci zespołu 2-ch dwucewek po 104 i 130 zwojów, co stanowi $\frac{104 + 130}{2610} 100 \cong 9\%$.

Przy zwartych przez przełącznik kontaktach *a* i *b* mamy normalną przekładnię 15000/400/231, której odpowiadać winna liczba zwojów pierwotnych $w_1 = 2610$ zwojów, z tego, jak szkic wskazuje, przypada na cewki o wzmożonej izolacji $2(104 + 130) = 468$ zwojów. Na cewkę regulacyjną 104 zw.

Razem 572 zwoje. Pozostaje na cewki bieżące

$$2610 - 572 = 2038$$



Rys. 245.

Cewek bieżących jest 8, na każdą wypadnie

$$\frac{2038}{8} = 254,75 \simeq 255 \text{ zwojów.}$$

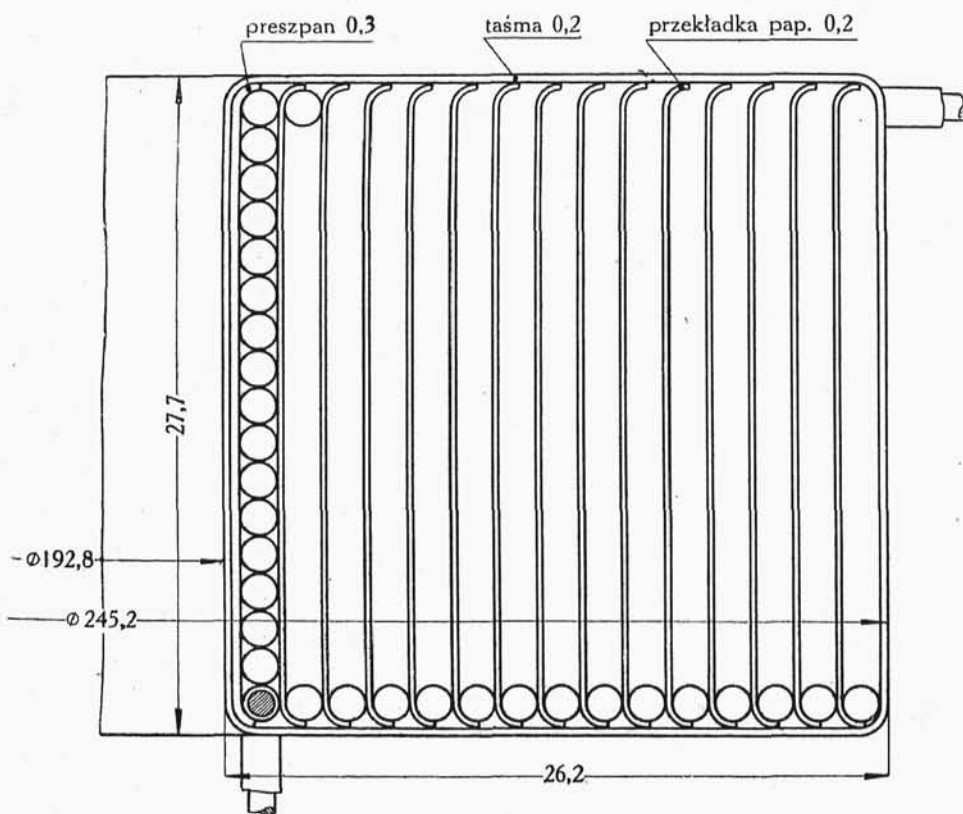
Ostatecznie, przy normalnem położeniu przełącznika (kontakty *a* i *b* zwarte) uzwojenie wysokiego napięcia posiada zwojów

$$572 + 8 \times 255 = 2612$$

czyli o dwa więcej niż obliczyliśmy. Możemy na jednej z cewek bieżących niedowiąć dwa zwoje.

Opis cewek.

A. Cewki bieżące (3×8 sztuk) rys. 246.



Rys. 246.

Izolacja przewodu: podwójny oprzęd bawełniany, pogrubiający średnicę o 0,34 mm. Uwzględniając końcową uwagę w rozdziale VIII—2—*a*, powiększymy tę grubość o 0,02 mm. Ostatecznie,

$$\phi \frac{1,15}{1,51} \text{ mm.}$$

Cewka posiada 15 warstw po 17 zwojów w każdej,
 $15 \times 17 = 255$ zwojów.

Miedzy warstwami przekładki papierowe 0,2 mm.

Cewka otaśmowana pojedynczą taśmą bawełnianą o grubości 0,2 mm.

Od wewnętrznej strony cewki — preszpan o grubości 0,3 mm.

Szerokość cewki:

$$\underbrace{15 \times 1,51}_{\text{przewody}} + \underbrace{14 \times 0,2}_{\text{przekładki}} + \underbrace{0,3}_{\substack{\text{wewnętrzna} \\ \text{ścianka} \\ \text{preszpanowa}}} + \underbrace{2 \times 0,2}_{\text{otaśmowanie}} \cong 26,2 \text{ mm.}$$

Wysokość cewki:

$$\underbrace{17,83 \times 1,51}_{\text{przewody}} + \underbrace{2 \times 0,2}_{\substack{\text{zagięcia} \\ \text{przekładek}}} + \underbrace{2 \times 0,2}_{\text{otaśmowanie}} = 27,7 \text{ mm.}$$

Uwaga co do wysokości cewki. Cewka wykonana z drutu okrągłego, posiadająca n zwojów w warstwie ma wysokość $(n + 0,83) d'$, gdzie d' — średnica przewodu izolowanego — (patrz VIII—2—*b*).

B. Cewki ze wzmocnioną izolacją są wykonane, jako dwucewki po 104 i 130 zwojów.

1) 104 zwoje (3×2 sztuki). Każda z połówek składa się z 13 warstw po 4 zwoje w warstwie. Razem: $2 \times 13 \times 4 = 104$ zwoje.

Izolacja przewodu: przewód trzykrotnie owinięty taśmą papierową 0,06 mm. grubą i raz oprzędzony — oprzęd pogrubia średnicę o 0,11 mm; dodając, jak wyżej 0,02 mm., otrzymamy $\phi \frac{1,15}{1,64} \text{ mm.}$

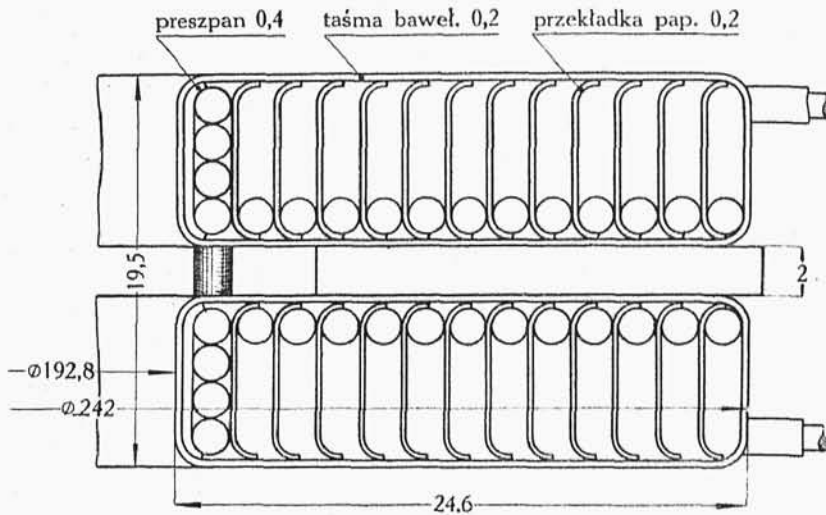
Miedzy warstwami przekładki z papieru 0,2 mm.

Od strony wewnętrznej ścianka z preszpanu grubości 0,4 mm.

Każda z połówek jest pojedynczo otaśmowana taśmą bawełnianą 0,2 mm.

Miedzy otaśmowaniami oddzielnie połówkami w kilku miejscach na obwodzie przekładki preszpanowe 2 mm.

Na rys. 247 mamy przekrój opisanej dwucewki.



Rys. 247.

Szerokość dwucewki

$$\underbrace{13 \times 1,64}_{\text{przewody}} + \underbrace{12 \times 0,2}_{\text{przekładki papierowe}} + \underbrace{0,4}_{\text{wewnętrzna ścianka preszpanowa}} + \underbrace{2 \times 0,2}_{\text{otaśmowanie}} \approx 24,6 \text{ mm.}$$

Wysokość dwucewki:

$$\begin{aligned} & 2 \underbrace{(4,83 \times 1,64)}_{\text{przewody}} + \underbrace{2 \times 0,2}_{\text{zagięcia przekładek}} + \underbrace{2 \times 0,2}_{\text{otaśmowanie}} + \\ & + \underbrace{2}_{\text{przekładka między połówkami}} \approx 19,5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

2) 130 zw. (3×2 sztuki). Budowa identyczna, jak pod 1) — tylko w warstwie nie 4, a 5 zwojów: $2 \times 13 \times 5 = 130$ zw.

Szerokość — jak wyżej — 24,6 mm.

Wysokość jest większa o podwójną średnicę przewodu

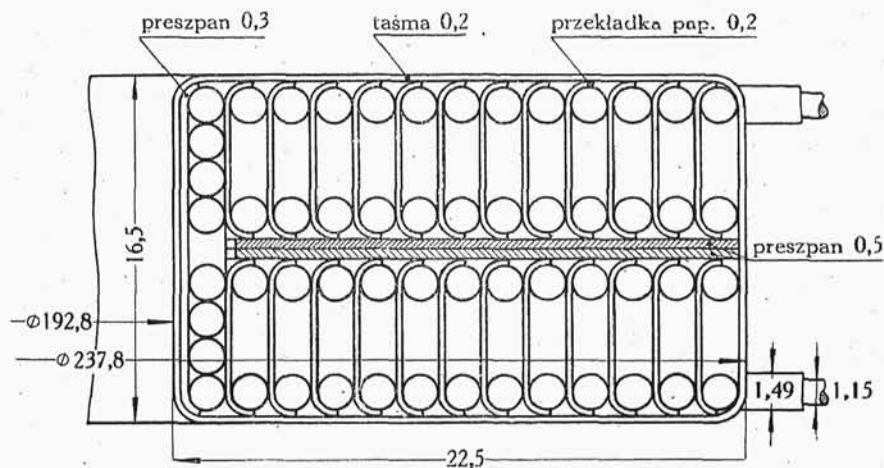
$$19,5 + 2 \times 1,64 \approx 22,8 \text{ mm.}$$

C. *Cewki regulacyjne* (3×2 sztuki) — wykonane jako dwucewki. Izolacja przewodu — jak w cewce bieżącej.

Każda połówka dwucewki składa się z 13 warstw po 4 zwoje w warstwie. Między połówkami przekładka preszpanowa w postaci podwójnego krążka preszpanowego o grubości $2 \times 0,5$ mm.

Ścianka wewnętrzna z preszpanu 0,3 mm. Między warstwami przekładki papierowe 0,2 mm. Cała dwucewka jest otaśmowana pojedynczo taśmą bawełnianą 0,2 mm.

Rys. 248 daje przekrój cewki regulacyjnej.



Rys. 248.

Szerokość dwucewki:

$$\frac{13 \times 1,51}{\text{przewody}} + \frac{12 \times 0,2}{\text{przekładki}} + \frac{0,3}{\text{wewnętrzna ścianka preszpanowa}} + \frac{2 \times 0,2}{\text{otaśmowanie}} \approx 22,8 \text{ mm}$$

Wysokość:

$$\frac{2 \times 4,83 \times 1,51}{\text{przewody}} + \frac{2 \times 2 \times 0,2}{\text{zagięcia przekładek}} + \frac{2 \times 0,5}{\text{przekładki preszpanowe między połówkami}} + \frac{2 \times 0,2}{\text{otaśmowanie}} = 16,8 \text{ mm.}$$

Łączna wysokość wszystkich cewek (w kolejności, jak na rys. 245).

$$19,5 + 22,8 + 4 \times 27,7 + 2 \times 16,8 + 4 \times 27,7 + \\ + 22,8 + 19,5 = 339,8 \text{ mm.}$$

Na słupie mamy 14 cewek czyli 13 szczelin międzycewkowych. Przyjmujemy szerokość szczeliny — 3 mm. Razem: $3 \times 13 = 39 \text{ mm}$.

Wysokość uzwojenia wysokiego napięcia:

$$H_W = 339,8 + 39 \cong 379 \text{ mm.}$$

Odległość d uzwojenia od jarzma według Richtera (patrz VIII—3-a) $d \cong 2,5 \delta$; $d \cong 2,5 \times 11 \cong 27,5 \text{ mm}$. Dla ostrożności tę odległość powiększamy do 33 mm.

Wysokość słupa:

$$L_s = H_W + 2d = 379 + 2 \times 33 = \underline{445 \text{ mm.}}$$

— zgadza się z poprzednio obliczoną.

2) Uzwojenie niskiego napięcia.

Przyjmujemy, że wysokości obu uzwojeń — wysokiego i niskiego napięcia są jednakowe [$H_W \cong H_N$ — patrz rys. 170] $H_N = H_W = 379 \text{ mm}$.

Uzwojenie niskiego napięcia wykonamy, jako cewkę dwuwarstwową $2 \times 40 \text{ zw}$. Poprzednio obliczyliśmy: $s_2 = 37,4 \text{ mm}^2$. Kształt przekroju prostokątny (rys. 158). Izolacja: otaśmowanie „przez pół” grubość taśmy 0,2 mm.

$$b' = \frac{379}{41} \cong 9,3 \text{ mm. Dwustronna grubość taśmy: } 2 \times 2 \times 0,2 = 0,8 \text{ mm.}$$

Uwzględniając końcową uwagę w rozdziale VIII—2-a, powiększymy tę grubość o 0,1 mm.

Wobec tego: $b = 9,3 + 0,8 + 0,1 = 8,4 \text{ mm.}$

$$a = \frac{s_2}{b} = \frac{37,4}{8,4} \cong 4,5 \text{ mm.}; a' = 4,5 + 0,8 + 0,1 = 5,4 \text{ mm.}$$

$$\text{Ostateczne wymiary przekroju prostokątnego: } \frac{8,4 \times 4,5}{9,3 \times 5,4} \text{ mm.}$$

$s_2 = 8,4 \times 4,5 = 37,8 \text{ mm}^2$. Uwzględniając zaokrąglenia krawędzi, obniżymy ten przekrój do $\underline{s_2 = 37,5 \text{ mm}^2}$. Gęstość prądu:

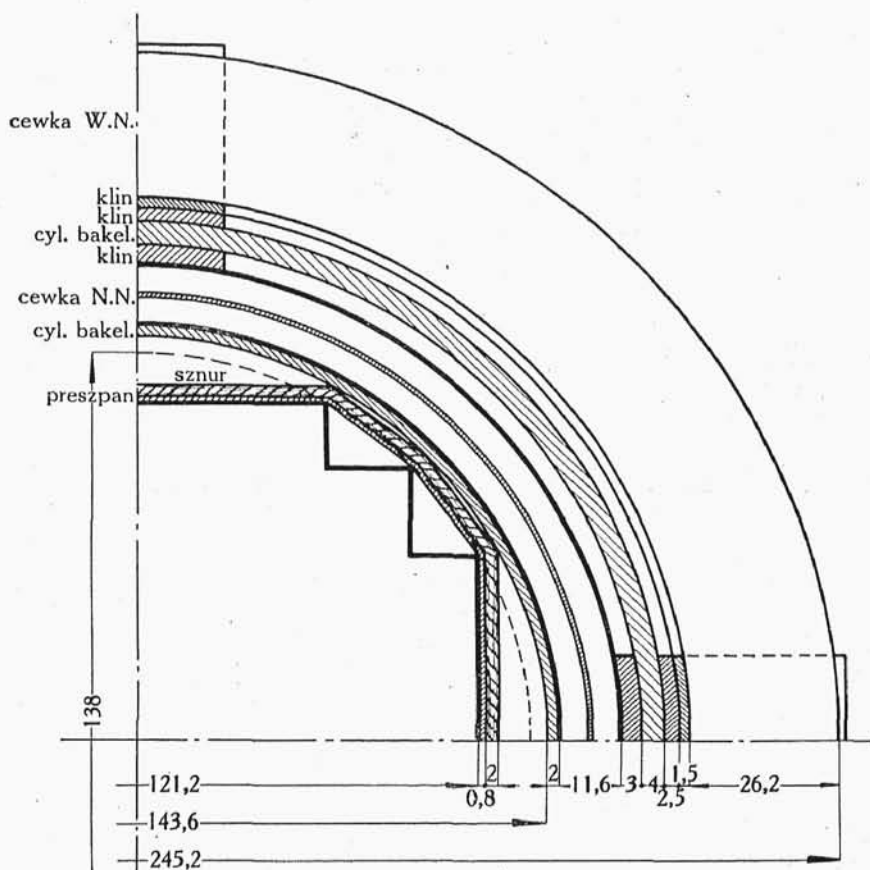
$$j_2 = \frac{108,4}{37,5} = 2,89 \text{ A/mm}^2.$$

Między dwiema warstwami zwojów dajemy warstwę preszpanu 0,8 mm.

Szerokość cewki niskiego napięcia: $2 \times 5,4 + 0,8 = 11,6 \text{ mm}$.

Wysokość „ „ „ : $H_N = 9,3 \times 41 \cong 381 \text{ mm}$.

Rys. 249 wyjaśnia nam rozmieszczenie uzwojeń na słupie.



Rys. 249.

Słup jest zmcowany za pomocą bandaży ze szpagatu o średnicy 2 mm. Pod bandażem owinięcie preszpanem 0,8 mm grubym.

Uzwojenie niskiego napięcia jest nawinięte na tulei preszpandowej o grubości ścianki 2 mm. Między uzwojeniami niskiego i wysokiego napięcia dajemy szczelinę 11 mm. (patrz VIII—3-a). Odległość ta jest utrzymana za pomocą tulei z papieru bakelizowanego o grubości ścianki 4 mm, oraz klinów preszpandowych, jak to widzimy na rys. 249.

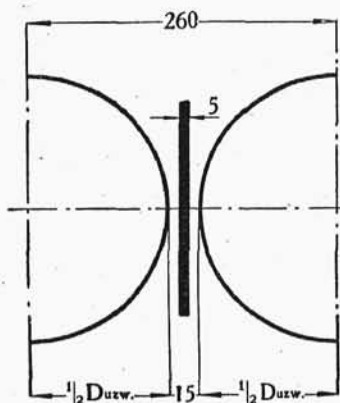
Możemy teraz obliczyć średnicę słupa uzwojonego (bierzemy pod uwagę cewki bieżące, jako posiadające największą szerokość)

$$D_{112w} = 2 \left(\underbrace{\frac{138}{2}}_{\text{promień przekroju słupa}} + \underbrace{0,8}_{\text{preszp.}} + \underbrace{2}_{\text{sznur}} + \underbrace{2}_{\text{ścianka tulei}} + \dots \right)$$

$$\begin{aligned}
 &+ \underbrace{11,6}_{\text{cewka nisk. nap.}} + \underbrace{3}_{\text{klin}} + \underbrace{4}_{\text{ścianka tulei}} + \underbrace{2,5}_{\text{klin}} + \\
 &+ \underbrace{1,5}_{\text{klin}} + \underbrace{26,2}_{\text{cewka wys. nap.}} = 245,2 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Między słupami uzwojonymi dajemy odległość 15 mm (w tym płyta z papieru bakelizowanego 5 mm gruba). Odstęp między osiami słupów (rys. 250):

$$\frac{D_{uzw}}{2} + 15 + \frac{D_{uzw}}{2} = 245,2 + 15 \approx 260 \text{ mm.}$$



Rys. 250.

Obliczymy teraz dokładną długość obliczeniową jarzma (patrz rys. 238 i 252):

$$L_j = 2\lambda + 2 \times 260$$

Odległość λ wyznaczamy wykreślnie na rys. 251.

$$\lambda = 52 \text{ mm.}$$

$$\underline{L_j = 2 \times 52 + 2 \times 260 = 624 \text{ mm.}}$$

Porównyując ten wynik z poprzednio otrzymanym ($L_j = 625 \text{ mm}$), widzimy zupełną ich zgodność.

Po rozmieszczeniu uzwojeń na słupie przechodzimy do obliczenia dokładnych średnich długości zwojów uzwojeń niskiego i wysokiego napięcia.

$$\underline{l_{2sr}} = \pi (138 + 2 \times 0,8 + 2 \times 2 + 2 \times 2 + 11,6) = \underline{50 \text{ cm.}}$$

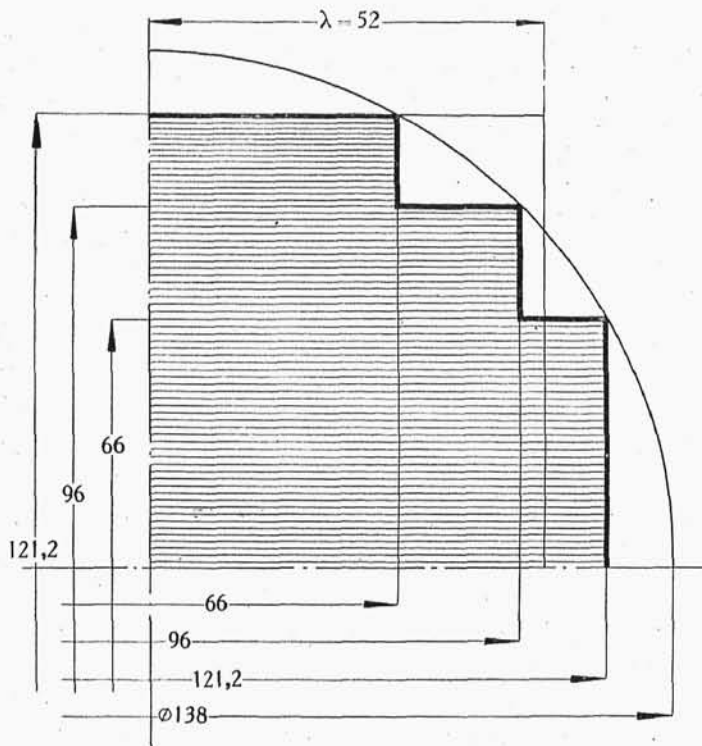
$$\begin{aligned}
 \underline{l_{1sr}} = \pi (138 + 2 \times 0,8 + 2 \times 2 + 2 \times 2 + 2 \times 11,6 + 2 \times 3 + \\
 + 2 \times 4 + 2 \times 2,5 + 2 \times 1,5 + 26,2) = \underline{68,8 \text{ cm.}}
 \end{aligned}$$

Długości te są bardzo zbliżone do obliczonych prowizorycznie — tak że nie będziemy przeprowadzali ponownego obliczenia przekroju — co byłoby konieczne w wypadku większej rozbieżności.

Sprawdzimy tylko straty w miedzi obu uzwojeń.

$$\text{W pierwotnem: } \Delta P_{m_1} = \frac{3 \times 0,00023 \times 2610 \times 68,8 \times 2,89^2}{1,04} \approx 1000 \text{ W.}$$

$$\text{We wtórnem: } \Delta P_{m_2} = \frac{3 \times 0,00023 \times 80 \times 50 \times 108,4^2}{37,5} \approx 870 \text{ W.}$$



Rys. 251.

Razem: $\Delta P_m = \Delta P_{m_1} + \Delta P_{m_2} = 1000 + 870 = \underline{1870 \text{ W.}}$

Różnica w porównaniu ze stratami zadanymi znikoma.

Pozostaje nam sprawdzić napięcie zwarcia.

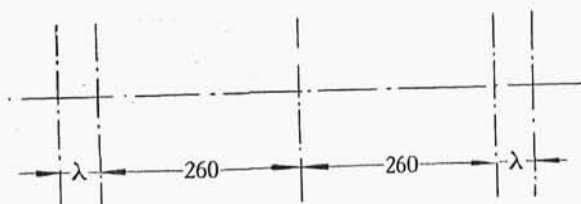
Oporność omowa zwarcia jednej fazy:

$$r_z = \frac{\Delta P_m}{3 I_1^2} = \frac{1870}{3 \cdot 2,89^2} = 74,6 \Omega,$$

Oporność indukcyjna zwarcia jednej fazy przy stronie wtórnej połączonej w zygzak (patrz II—4) obliczamy według wzoru:

$$x_z = 7,9 \frac{f l_{sr} \omega_1^2}{b} \left(\delta + \frac{a_1 + a_2}{3} + \frac{\delta'}{3} + \frac{a_2}{36} \right) 10^{-8}.$$

Znaczenie poszczególnych wielkości, jak na rys. 60 i 253.



Rys. 252,

$$b \simeq \frac{H_N + H_w}{2} = \frac{379 + 381}{2} = 38 \text{ cm.}$$

$$l_{sr} = \frac{68,8 + 50}{2} = 59,4 \text{ cm.}$$

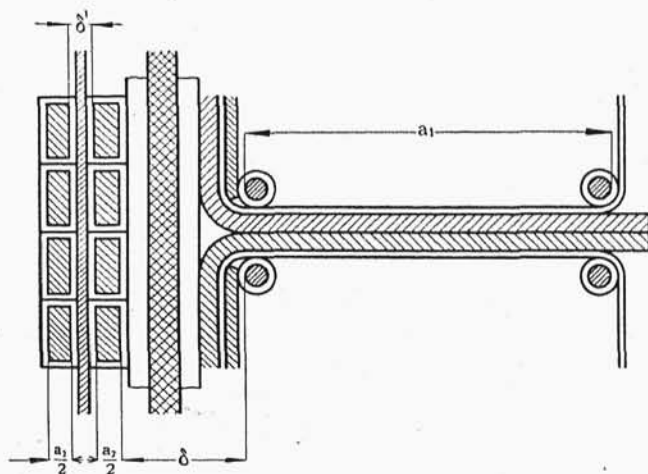
$$a_1 = 26,2 - 0,3 - 2 \cdot 0,2 - 0,36 \simeq 2,514 \text{ cm.}$$

$$\frac{a_2}{2} = 4,5 \text{ mm; } a_2 = 0,9 \text{ cm.}$$

$$\delta = 0,45 + 3 + 4 + 2,5 + 1,5 + 0,2 + 0,3 + 0,18 = 1,213 \text{ cm.}$$

$$\delta' = 0,45 + 0,8 + 0,45 = 0,17 \text{ cm.}$$

$$x_z = 7,9 \frac{50 \cdot 59,4 \cdot 2610^2}{38} \left(1,213 + \frac{2,514 + 0,9}{3} + \frac{0,17}{3} + \frac{0,9}{36} \right) 10^{-8} = 102 \Omega.$$



Rys. 253,

Oporność pozorna zwarcia:

$$z_z = \sqrt{r_z^2 + x_z^2} = \sqrt{74,6^2 + 102^2} = 126,2 \Omega.$$

Napięcie zwarcia w %:

$$\underline{v_{z\%}} = \frac{I_1 z_z}{V_1} 100 = \frac{2,89 \cdot 126,2}{8660} 100 = \underline{4,21 \%}$$

Różni się wobec zadanego o $\frac{4,21 - 4,1}{4,1} 100 = 2,7\%$. Odchy-

lenie zupełnie dopuszczalne. Widzimy więc, że zaprojektowane przez nas uzwojenie wysokiego i niskiego napięcia, zarówno pod względem strat jak i napięcia zwarcia, czynią zadość postawionym dla nich warunkom,

Ponieważ wymiary rdzenia żelaznego są również obliczone właściwie — można uważać obliczenie obwodów elektrycznego i magnetycznego za ukończone.

Pudło olejowe.

$$\Delta P = \Delta P_z + \Delta P_m = 540 + 1870 = 2410 \text{ W};$$

$$\Delta t = 40^\circ \text{C}.$$

Kształt fali został obrany, jak na rys. 254.

$$h = 52 \text{ mm}; b = 20 \text{ mm}; n = 40 \text{ mm};$$

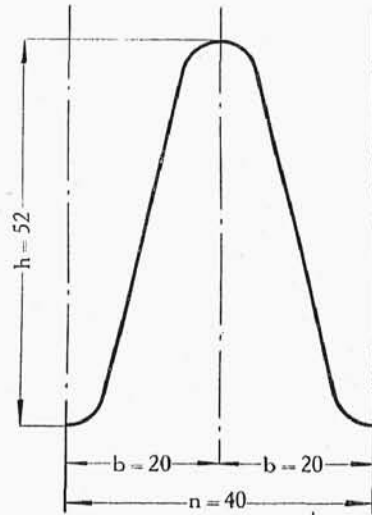
$$m = 118,5 \text{ mm}; c = \frac{m}{n} = 2,96$$

Powierzchnia promieniowania:

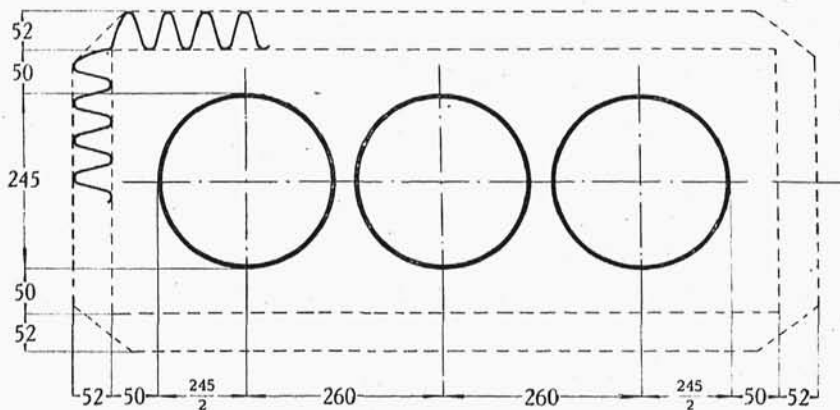
$$A_{pr} = \frac{\Delta P}{(6 + 7c) \Delta t} = \frac{2410}{(6 + 7 \cdot 2,96) 40} \approx \approx 2,24 \text{ m}^2.$$

Odległość uzwojonego słupa od ścianki pudła:

$$b = 2 + 0,2 V = 2 + 0,2 \cdot 15 = 5 \text{ cm}.$$



Rys. 254.



Rys. 255.

Rysujemy rzut pudła z góry (rys. 255). Obliczamy długość obwiedni — 274 cm.

Wysokość falowanej części pudła:

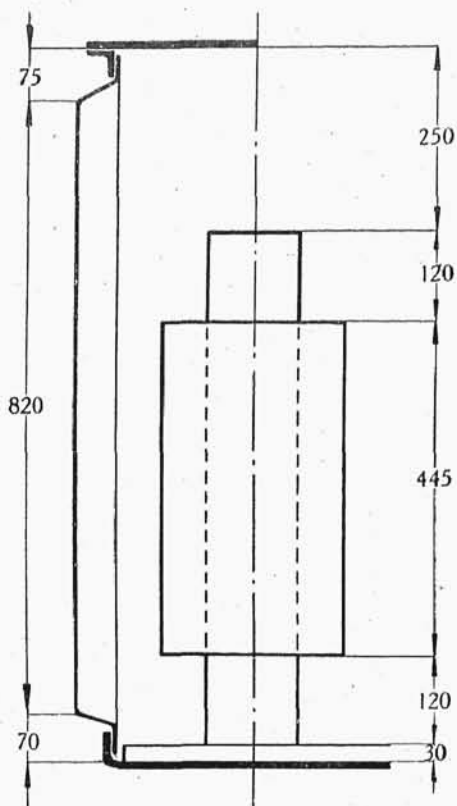
$$H_p = \frac{22400}{274} \approx 82 \text{ cm.}$$

Wysokość całkowita z rys. 256:

$$\begin{aligned} H'_p &= \\ &= 30 + 2 \times 120 + 445 + 250 = \\ &= 96,5 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Grubość ścianki pudła:

$$\begin{aligned} g &= \frac{H'_p{}^3 \cdot 10^{-4}}{23 h \left(1 + \frac{h}{3b}\right)} = \\ &= \frac{96,5^3 \cdot 10^{-4}}{23 \cdot 5,2 \left(1 + \frac{5,2}{3 \times 2}\right)} \approx \\ &\approx 0,35 \text{ mm.} \end{aligned}$$



rys. 256

Rys. 256.

Podnosimy do 1 mm.

Dno jest wykonane z blachy o grubości 5 mm, pokrywa — 7 mm.

5. Transformatory wykonane.

Podamy jeszcze ciekawsze dane co do budowy kilku transformatorów.

a) *Transformator trójfazowy — chłodzenie olejowe naturalne.*

3500 kVA 46/6,07 kV. Δ/Δ $f = 50 \sim / \text{sek}$

Obwód magnetyczny.

$D = 45 \text{ cm.}$ $L_s = 100 \text{ cm.}$ Odstęp między osiami słupów — 77 cm;
 $L_j = 190 \text{ cm.}$ $S_s = S_j = 1140 \text{ cm}^2;$ $B_s = B_j = 12250 \text{ G.}$ Blacha o grubości 0,5 mm i stratności 1,3 W/kg.

Ciężar słupów 2600 kg.

Straty w żelazie słupów 6000 W

" jarzm 3300 "

" " " jarzm 7700 "

Razem 5900 kg.

Razem 13700 W