

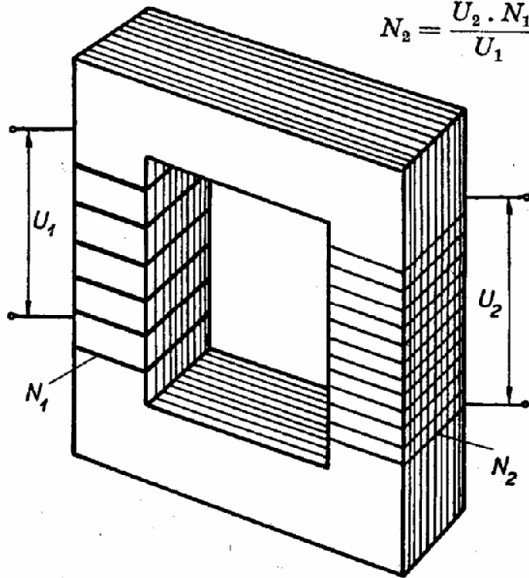
VII – 2. TRANSFORMÁTORY

Příklad 14. Vstupní strana transformátoru má $N_1 = 48$ primárních závitů. Jaký počet závitů N_2 musí mít výstupní (sekundární) vinutí, jestliže vstupní napětí $U_1 = 24$ V má se transformovat na $U_2 = 500$ V (obr. VII-3)?

Řešení. Jestliže zanedbáme ztráty, platí vztah

$$U_1 : U_2 = N_1 : N_2$$

$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1} = \frac{500 \cdot 48}{24} = 1\,000 \text{ (závitů)}$$



Obr. VII-3

Příklad 15. Jakou účinnost η má transformátor o příkonu $P_p = 25$ kVA, jestliže dává na výstupní (sekundární) straně napětí $U_2 = 250$ V a proud $I_2 = 90$ A (při $\cos \varphi = 1$)?

Řešení. K výpočtu účinnosti musíme znát výkon transformátoru:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 250 \cdot 90 \cdot 1 = 22\,500 \text{ [VA]} = 22,5 \text{ [kVA]}$$

$$\eta = \frac{P}{P_p} = \frac{22,5}{25} = 0,9 = 90 \%$$

Příklad 16. Transformátor 220/24 (V) má $N_1 = 100$ primárních závitů. Vypočítejte sekundární závity N_2 a proud I_2 na výstupní straně, jestliže primárním vinutím teče proud $I_1 = 1,5$ A.

Řešení: Užítím vztahu z příkladu 14 vypočteme:

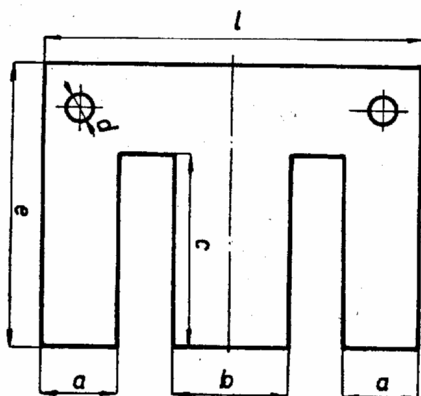
$$N_2 = \frac{U_2 \cdot N_1}{U_1} = \frac{24 \cdot 100}{220} = 11 \text{ [závitů]}$$

Při zanedbání ztrát platí pro výpočet proudů vztahy:

$$N_1 : N_2 = I_2 : I_1 \quad U_1 : U_2 = I_2 : I_1$$

$$I_2 = \frac{U_1 \cdot I_1}{U_2} = \frac{N_1 \cdot I_1}{N_2} = \frac{220 \cdot 1,5}{24} = \frac{100 \cdot 1,5}{11} = 13,75 \text{ [A]}$$

71. Zvonkový transformátor má na primární straně $N_1 = 1\,500$ závitů drátu. Kolik závitů musí mít sekundární vinutí, má-li se napětí $U_1 = 120\text{ V}$ transformovat na $U_2 = 10\text{ V}$? Ztráty neuvažujeme.
72. Primární napětí $U_1 = 220\text{ V}$ má se transformovat na $U_2 = 1\,100\text{ V}$. Vypočítejte závity N_1 primárního vinutí, jestliže sekundární vinutí má $N_2 = 3\,500$ závitů.
73. Vypočítejte přibližnou hodnotu proudu I_1 v primárním vinutí transformátoru při $N_1 = 10$, $N_2 = 1\,200$ (závitů), dává-li na výstupní straně proud $I_2 = 7,5\text{ A}$.
74. Indukční (zapalovací) cívka bateriového zapalování motorového vozidla má $N_1 = 100$ primárních a $N_2 = 10^4$ sekundárních závitů. Jaká je přibližná hodnota indukovaného napětí U_2 při přerušení primárního okruhu, je-li na primární straně napětí $U_1 = 12\text{ V}$?
75. Příkon transformátoru $P_p = 6\text{ kVA}$ při $\cos \varphi = 1$. Jakou má účinnost, jestliže dává na výstupní straně $U_2 = 220\text{ V}$, $I_2 = 25\text{ A}$?
76. Transformátor 220/8 V má 15 závitů na 1 V. Kolik závitů má primární vinutí? Vypočítejte sekundární závity s přídatkem 5 % na vyrovnání ztrát.
77. Ampérmetr připojený na sekundární vinutí proudového měřicího transformátoru ukazuje proud $I_2 = 3\text{ A}$. Vypočítejte primární proud I_1 , je-li na štítku stroje označen převod 1 000/5.
78. Vypočítejte tloušťku a vinutí třífázového transformátoru, jehož výkon připadající na jedno jádro $P_j = 40\text{ kVA}$. Pro výpočet platí empirický vztah $a = 4,5 \cdot \sqrt[3]{P_j}$ [mm; kVA].
79. Jádro síťového transformátoru je složeno z plechů tvaru E podle obr. VII-4. Kolik plechů je třeba na jádro o výšce $v = 23\text{ mm}$, jestliže tloušťka jednoho plechu $a = 0,35\text{ mm}$?

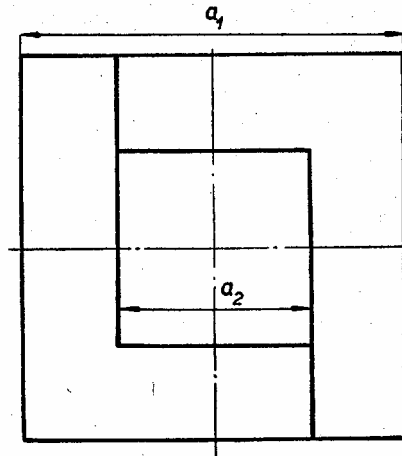


80. Vypočítejte plochu P transformátorového plechu E 20 (obr. VII-4), jestliže $a = 10$, $b = 20$, $c = 30$, $l = 60$, $e = 40$ (mm) a průměr otvorů $d = 4\text{ mm}$.

Obr. VII-4

81. Vypočítejte ztráty vířivými proudy v jádru transformátoru z obyčejných nelegovaných plechů (konstanta $k = 5,7$), jestliže kmitočet $f = 50\text{ Hz}$, maximální indukce $B = 1,2\text{ T}$ a hmotnost jádra $G = 80\text{ kg}$. Pro výpočet platí empirický vztah $P = k \cdot G \cdot \left(\frac{f \cdot B}{100}\right)^2$ (W).
82. Při proudové hustotě 3 A/mm^2 je průměr vodiče pro vinutí transformátoru dán vztahem $d = 0,65 \cdot \sqrt{I}$ (mm). Jaký musí být průměr d vodiče při proudu $I = 10\text{ A}$?
83. Vypočítejte účinnost transformátoru s příkonem $P_p = 5\text{ kVA}$, dává-li na výstupní straně napětí $U_2 = 220\text{ V}$ a proud $I_2 = 20\text{ A}$.

84. Jednofázový transformátor má jádro složené z dvoudílných plechů podle obr. VII-5. Kolik m^2 plechu se spotřebuje na 500 kusů plechů při 10 % odpadu, jestliže $a_1 = 60$ mm, $a_2 = 30$ mm?



Obr. VII-5

85. Podle vztahu z příkladu 17 vypočítejte aktivní průřez S jádra třífázového transformátoru, jestliže výkon na jádro $P_j = 60$ kVA, $f = 50$ Hz a volíme konstantu $C = 6$.
86. Jaký odpor R má vinutí kruhové cívky transformátoru se středním průměrem závitu $d = 200$ mm, jestliže má $N = 570$ závitů drátu s průřezem $S = 0,5$ mm²? Měrný odpor mědi $\rho = 0,0175$.
87. Kruhová cívka transformátoru má střední průměr $d = 180$ mm a obsahuje $N = 250$ závitů drátu s průřezem $S = 1,5$ mm². Vypočítejte hmotnost G vinutí s přídavkem 8 % na váhu izolace, počítáme-li s měrnou hmotností mědi $\gamma = 8,8$ kg/dm³.
88. Transformátor 220/8 (V) má 15 závitů na 1 V. Jaký počet závitů N_1 má primární vinutí? Vypočítejte sekundární závity N_2 s přídavkem 5 % na úbytek napětí.
89. Vypočítejte přibližný průměr D jádra trojfázového transformátoru, jestliže jeho hmotnost $G = 2570$ kg. Pro výpočet platí vztah $D = 2,3 \cdot \sqrt[3]{G}$ [cm; kg].
90. Podle vztahu v úloze 81 vypočítejte po úpravě a dosazení hmotnost G jádra transformátoru se ztrátami $P = 378$ W, jestliže konstanta $k = 5,7$, kmitočet $f = 50$ Hz a indukce $B = 1,5$ T.
91. Primárním vinutím transformátoru 220/12 (V) teče proud $I_1 = 0,5$ A při $N_1 = 100$ závitů. Vypočítejte výstupní závity N_2 a výstupní proud I_2 , jestliže zanedbáme ztráty.
92. Vypočítejte průřez S jádra transformátoru o výkonu $P = 60$ kVA, jestliže konstanta $c = 5$ (přirozené olejové chlazení), $f = 50$ Hz a konstanta $k = 3$ (třífázový stroj). Pro výpočet platí vzorec $S = c \cdot \sqrt{\frac{P}{f \cdot k}}$ [cm²; VA, Hz].
93. Použijte vzorec z předešlé úlohy a po úpravě vypočítejte výkon P transformátoru s průřezem jádra $S = 10$ cm², jestliže $f = 50$ Hz a konstanty $c = 0,6$, $k = 3$.
94. Transformátor 220/500 (V) má jádro s průřezem $S = 55$ cm². Vypočítejte primární závity N_1 , jestliže $E_1 = 220$ V, $f = 50$ Hz a magnetická indukce $B = 0,8$ T. Pro výpočet použijte vztah $E_1 = 4,44 \cdot B \cdot S \cdot f \cdot N_1 \cdot 10^{-4}$ [V; T, cm², Hz].

Příklad 18. Při proudové hustotě $2,5 \text{ A/mm}^2$ je průměr vodiče na vinutí transformátoru dán vztahem $d = 0,7 \cdot \sqrt{I}(\text{mm})$. Jaký proud I teče vinutím, jestliže průřez vodiče $S = 10 \text{ mm}^2$?

Řešení. Pro daný průřez S vypočteme nejprve průměr d , z daného vztahu vypočteme pak neznámou I :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 3,57 \text{ (mm)} - \text{určíme z tabulek}$$

$$I = \left(\frac{d}{0,7}\right)^2 = \left(\frac{3,57}{0,7}\right)^2 = 5,1^2 = 26 \text{ [A]}$$

Příklad 19. Kruhová cívka transformátoru má střední průměr $d = 150 \text{ mm}$ a obsahuje 250 závitů měděného vodiče s průřezem $S = 0,75 \text{ mm}^2$. Vypočtěte odpor R vinutí, jestliže $\rho = 0,0175$. Jaká je hmotnost vinutí ($\gamma = 8,8 \text{ kg/dm}^3$), jestliže se izolací zvětšuje o 8 %?

Řešení. Postupně vypočteme délku vodiče, odpor, objem mědi a hmotnost.

$$l = \pi d N = 3,14 \cdot 1,5 \text{ dm} \cdot 250 = 1\,177,5 \text{ dm}$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0,0175 \cdot 1177,5}{0,75} = 2,74 \text{ [\Omega]}$$

$$V = S \cdot l = 0,000\,075 \text{ dm}^2 \cdot 1\,177,5 \text{ dm} = 0,088\,3 \text{ dm}^3$$

$$G = V \cdot \gamma \cdot 1,08 = 0,088\,3 \cdot 8,8 \cdot 1,08 = 0,839 \text{ [kg]}$$

Příklad 20. Kruhové jádro transformátoru má být nahrazeno jádrem čtvercovým. O kolik procent se zvětší obvod jádra a tím i délka vinutí?

Řešení. Průřezy obou jader se musí sobě rovnat, tj. platí rovnice $a^2 = \pi r^2$,

tj. $a = r \cdot \sqrt{\pi}$. Poměr obvodů jader je vyjádřen vztahem $\frac{4a}{2\pi r}$. Dosadíme-li

$a = r \cdot \sqrt{\pi}$, dostaneme:

$$\frac{4r \cdot \sqrt{\pi}}{2\pi r} = \frac{2 \cdot \sqrt{\pi}}{\pi} = \frac{2 \cdot \sqrt{3,14}}{3,14} = 1,13 = 113 \%$$

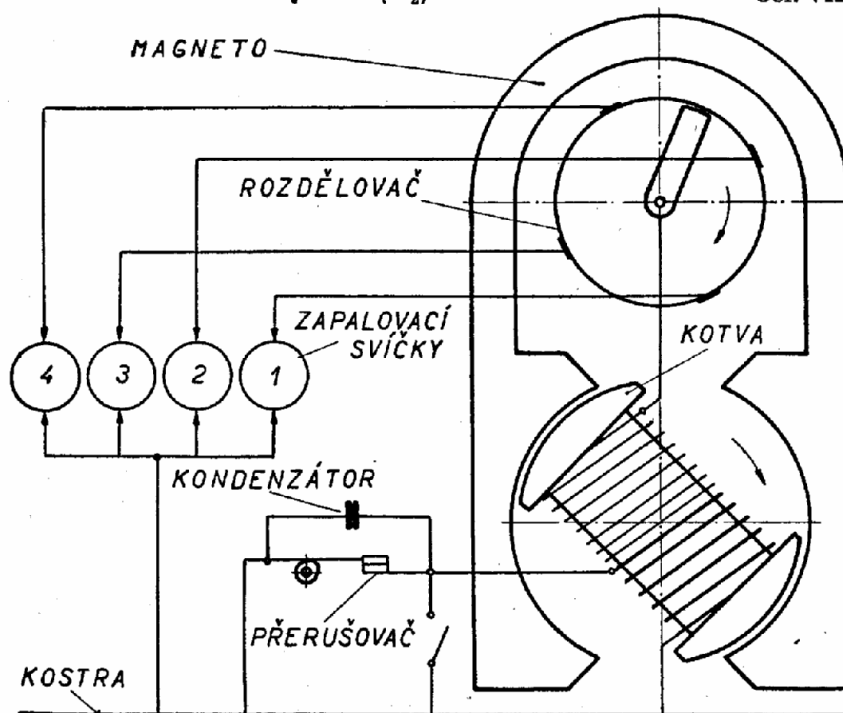
Délka vinutí se zvětší o 13 %.

Příklad 21. Na obr. VII-6 je schéma bateriového zapalování motorového vozidla. Jaké je maximální sekundární napětí U_2 pro zapalovací svíčky při proudu $I_1 = 2$ A, jestliže indukčnost primárního vinutí $L = 5$ mH, kapacita primární strany $C = 0,25 \mu\text{F}$, kapacita sekundární strany $C = 50$ pF a poměr počtu primárních a sekundárních závitů zapalovací (indukční) cívky $N_1 : N_2 = 1 : 100$?

Řešení. Pro výpočet maximálního sekundárního napětí platí vztah

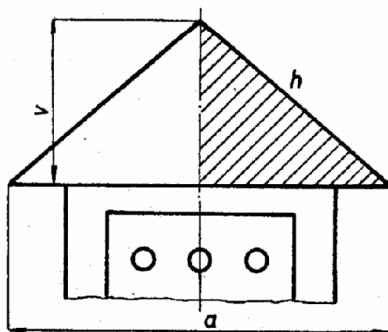
$$U_2 = I_1 \cdot \sqrt{\frac{L}{C_1 \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 + C_2}} \quad [\text{V}; \text{A}, \text{H}, \text{F}]$$

Obr. VII-6



$$\begin{aligned} U_2 &= 2 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-4} + 50 \cdot 10^{-12}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3}}{75 \cdot 10^{-12}}} = \\ &= 2 \cdot \sqrt{0,0667 \cdot 10^9} = 2 \cdot \sqrt{66700000} = \\ &= 2 \cdot 8170 = 16340 \text{ [V]} \end{aligned}$$

95. Třífázový transformátor o příkonu $P_p = 30$ kVA má vstupní napětí $U_1 = 4\,840$ V. Při účinnosti 95 % a účinnku sekundárního obvodu $\cos \varphi = 0,8$ dává výstupní napětí $U_2 = 220$ V. Vypočítejte převod transformátoru p , jeho výkon P a výstupní proud I_2 .
96. Jaký počet závitů musí mít cívka transformátoru, ve které se má indukovat elektromotorická síla $E = 220$ V při magnetickém indukčním toku $\Phi = 10^{-2}$ Wb a kmitočtu $f = 50$ Hz? Platí vztah $E = \sqrt{2} \cdot N \cdot \pi \cdot f \cdot \Phi$ (V).
97. Pro výpočet činného odporu jedné fáze autotransformátoru platí vztah $R = R_a + R_b \cdot \left(\frac{N_1 - N_2}{N_2}\right)^2$. Upravte tento vztah pro výpočet N_2 a proveďte zkoušku dosazením.
98. Konzervátor olejového transformátoru tvaru rotačního válce má objem $V = 50$ l a vnitřní délku $l = 0,6$ m. Vypočítejte vnitřní průměr d .

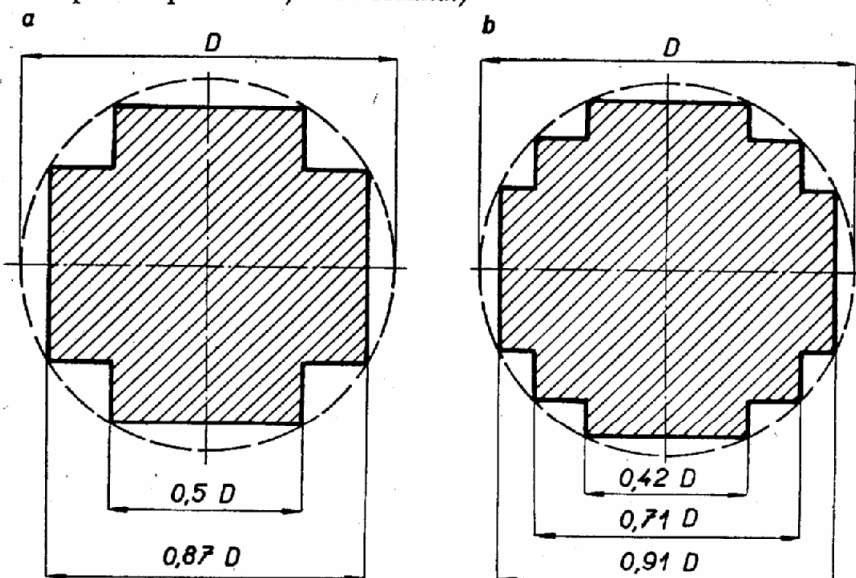


99. Na obr. VII-7 je znázorněna střeška transformovny tvaru pravidelného čtyřbokého jehlanu. Pro stanovení spotřeby krytiny vypočítejte její obsah S , jestliže $a = 3,2$ m, a $v = 1,2$ m.

Obr. VII-7

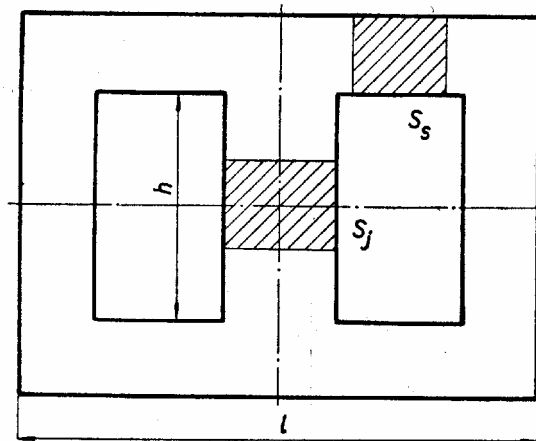
100. Při proudové hustotě 3 A/mm² je průměr vodiče pro vinutí transformátoru dán vztahem $d = 0,65 \cdot \sqrt{I}$ (mm). Vypočítejte průměr d a průřez S vinutí, jestliže jím teče proud $I = 75,7$ A.
101. Na zhotovení 1 kusu plechu pro jádro transformátoru (obr. VII-5) se spotřebuje plechový čtverec o straně 58 mm. Kolik plechů se dá zhotovit z tabule tvaru čtverce o straně 0,75 m?

102. Plech pro jádro transformátoru (obr. VII-5) má rozměry $a_1 = 75$ mm, $a_2 = 40$ mm. Jaká je minimální spotřeba materiálu na 1 kus? Kolik kusů lze vyrobit z tabule plechu 1 m dlouhé a 0,75 m široké?
103. Podle obr. VII-8a vypočítejte průřez S jádra transformátoru, jestliže průměr opsané kružnice $D = 125$ mm. (Chybějící rozměry vypočítejte podle údajů na obrázku.)



Obr. VII-8

104. Vypočítejte průřez S jádra transformátoru, znázorněný na obrázku VII-8b, jestliže průměr opsané kružnice $D = 188$ mm. (Potřebné rozměry vypočítejte podle údajů v obrázku.)
105. Průřez jádra transformátoru znázorněný na obr. VII-8b má průměr opsané kružnice $D = 200$ mm. Vypočítejte jeho velikost S a zjištěte, o kolik procent je menší než obsah kruhu s průměrem D .
106. Pro magnetoelektrické zapalování motorového vozidla (podle schématu na obr. VII-6) vypočítejte maximální sekundární napětí U_2 pro zapalovací svíčky, jestliže primární proud v okamžiku přerušení okruhu $I_1 = 1$ A. Samoindukčnost primárního okruhu $L = 5$ mH, kapacita kondenzátoru $C_1 = 0,1$ μ F, kapacita sekundárního okruhu $C_2 = 50$ pF a poměr primárních a sekundárních závitů cívky je 1:100.



Obr. VII-9

107. Jakou hmotnost G (kg) má železné jádro magnetického obvodu tří-fázového transformátoru podle schématu na obr. VII-9, jestliže průřez jádra $S_j = 130 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, výška jádra $h = 450 \text{ mm}$, průřez spojky $S_s = 135 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ a délka spojky $l = 670 \text{ mm}$? Měrná hmotnost transformátorových plechů $\gamma = 7,6 \text{ kg/dm}^3$.