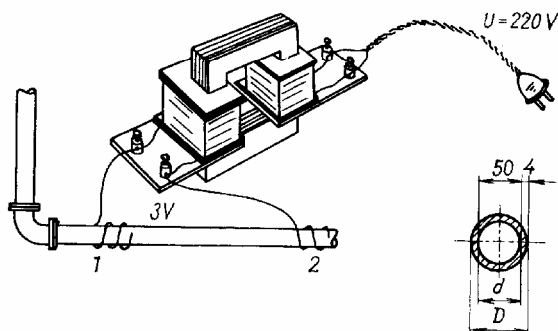


10. Transformátory

1. Elektrickým proudem z rozmrazovacího transformátoru se má rozmrazit železné potrubí, které má vnitřní průměr (světlost) 50 mm a tloušťku 4 mm. Výstupní napětí 3 V se připojí mezi body 1 a 2, které jsou od sebe vzdáleny 10 m. Jaký proud prochází železným potrubím (obr. 10.1)?



Obr. 10.1

Ze vztahu $I = U/R$ musíme znát odpor R , abychom mohli vypočítat proud I .

Pro výpočet odporu musíme vypočítat nejdříve průřez potrubí, tzn. plochu mezikruží.

$$S = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4}(58^2 - 50^2) \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot 864 \text{ mm}^2 = 679 \text{ mm}^2$$

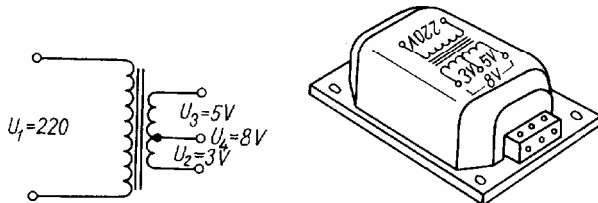
Odpor železného potrubí je

$$R = \rho \frac{l}{S} = 0,13 \cdot \frac{10}{679} \Omega \doteq 0,001\,915 \Omega$$

Proud procházející železným potrubím je

$$I = \frac{U}{R} = \frac{3 \text{ V}}{0,001\,915 \Omega} = 1\,566 \text{ A}$$

2. Transformátor pro elektrický zvonek má na vstupním vinutí $N_1 = 660$ závitů a napětí 220 V. Výstupní cívka má tři vývody se třemi napětími, a to: 3 V, 5 V a 8 V. Vypočtete převody a počet závitů výstupního vinutí (obr. 10.2).



Obr. 10.2

Výstupní vinutí cívky se třemi vývody tvoří vlastně tři dílčí cívky. Jsou zde tedy tři převody.

$$p_1 = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{3} = 73,3$$

$$p_2 = \frac{U_1}{U_3} = \frac{220}{5} = 44$$

$$p_3 = \frac{U_1}{U_4} = \frac{220}{8} = 27,5$$

Pro počet závitů výstupní cívky a jejich části platí

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1} = N_1 \frac{1}{p} = \frac{N_1}{p} = \frac{660}{73,3} = 9$$

nebo

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

$$N_2 = \frac{U_2}{U_1} N_1 = \frac{3}{220} \cdot 660 = 9$$

$$\frac{N_3}{N_1} = \frac{U_3}{U_1}$$

$$N_3 = \frac{U_3}{U_1} N_1 = \frac{5}{220} \cdot 660 = 15$$

$$N_4 = \frac{U_4}{U_1} N_1 = \frac{8}{220} \cdot 660 = 24$$

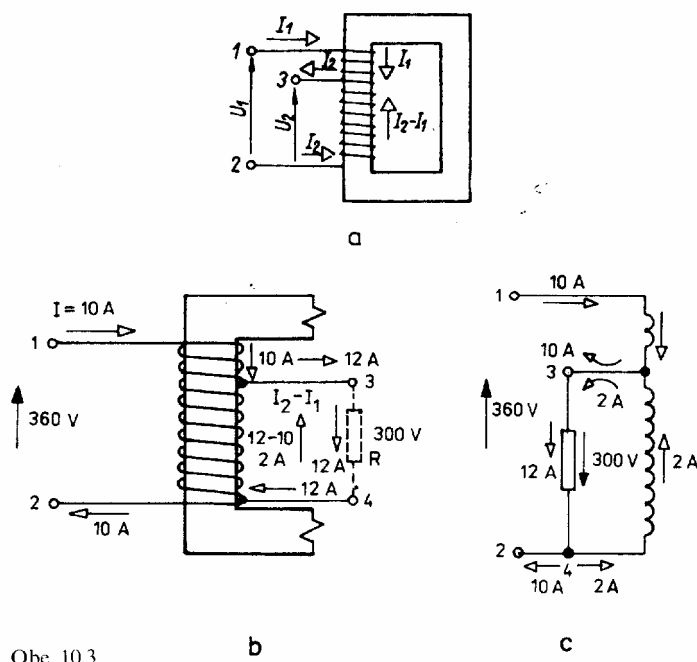
Kontrola

Celá výstupní cívka má počet závitů

$$N_4 = N_2 + N_3 = 9 + 15 = 24$$

tedy tolik, kolik jsme vypočetli.

3. Autotransfómátor má jedno vinutí se třemi vývody (obr. 10.3). Vývod 3 rozděluje cívku na dvě části v poměru 5 : 6. Určete vstupní proud



Obr. 10.3

a napětí, jestliže svorkou 2 prochází proud $I_2 = 12 \text{ A}$ a výstupní napětí je 300 V .

$$U_1 : U_2 = 6 : 5$$

$$U_1 = \frac{6}{5} U_2 = \frac{6}{5} \cdot 300 \text{ V} = 360 \text{ V}$$

$$I_1 : I_2 = 5 : 6$$

$$I_1 = \frac{5}{6} I_2 = \frac{5}{6} \cdot 12 \text{ A} = 10 \text{ A}$$

Obrázek 10.3b znázorňuje rozvětvení proudů autotransfómátoru se společným vinutím a společnými výstupními svorkami 2–4. Rozvětvení proudů na stejné hodnoty platí i při zapojení podle obr. 10.3c a při splynutí svorek 4–2 dostaneme jen tři svorky, a to 1, 2 a 3.

4. Činný příkon transformátoru je 50 kW a výkon je 45 kW . Jaká je účinnost transformátoru? Jak velký je ztracený výkon v transformátoru?

Počítáme bez zřetele na účinník, tzn. jen s činnými výkony.

Účinnost transformátoru je

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{45}{50} = 0,9$$

$$\eta_{\%} = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = 90\%$$

Příkon = výkon + ztráty

$$P_1 = P_2 + P_z$$

$$P_z = P_1 - P_2 = 50 \text{ kW} - 45 \text{ kW} = 5 \text{ kW}$$

$$P_{z\%} = \frac{P_z}{P_1} \cdot 100 = \frac{5}{50} \cdot 100 = 10\%$$

Ztracený výkon (kW) se mění v transformátoru na teplo.

7. Trojfázový transformátor o zdánlivém výkonu 150 kV. A má převod 6 000 V/400 V. Jaké jsou zdánlivé proudy ve vstupním vinutí a ve výstupním vinutí? Jaký je činný výkon a proud při $\cos \varphi = 0,8$ a účinnosti $\eta = 0,9$ (obr. 10.6)?

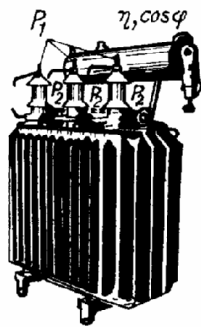
Zdánlivý výkon je

$$S = \sqrt{3} U_1 I_1$$

Vstupní zdánlivý proud je

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} U_1} = \frac{150\,000}{\sqrt{3} \cdot 6\,000} \text{ A} \doteq 14,5 \text{ A}$$

Výstupní zdánlivý proud bez zřetele na ztráty transformátoru je



Obr. 10.6

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} U_2} = \frac{150\,000}{\sqrt{3} \cdot 400} \text{ A} \doteq 217 \text{ A}$$

Činný příkon transformátoru je

$$P_1 = S \cos \varphi = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi$$

Činný výkon transformátoru je

$$P_2 = P_1 \eta = S \cos \varphi \cdot \eta$$

$$P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi \cdot \eta = (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 217 \cdot 0,8 \cdot 0,9) \text{ W}$$

$$P_2 = (150\,164 \cdot 0,8 \cdot 0,9) \text{ W} = 108\,118 \text{ W}$$

$$P_2 = 108 \text{ kW}$$

Činný proud ve výstupním vinutí vypočteme z činného výkonu.

$$P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi \cdot \eta = \sqrt{3} U_2 I_\varepsilon$$

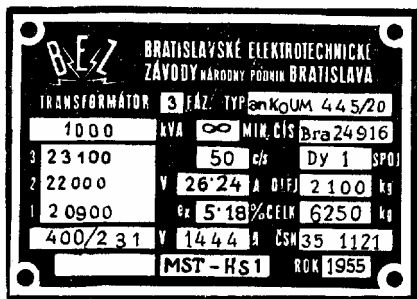
$$I_\varepsilon = \frac{P_2}{\sqrt{3} U_2} = \frac{108\,000}{\sqrt{3} \cdot 400} \text{ A} = 156 \text{ A}$$

nebo

$$I_\varepsilon = I_2 \cos \varphi \cdot \eta = 217 \text{ A} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 156 \text{ A}$$

8. Štítkové údaje transformátoru a vůbec stroje a přístroje jsou důležité pro provoz. Jaké údaje jsou na štítku trojfázového transformátoru (obr. 10.7) a co o nich víte?

a) Na štítku je vidět značka a název výrobního podniku, název stroje a jeho typ, výkon v kV. A, tři údaje vysokého napětí (každá fáze vinutí vn má tři vývody), údaj nn (400/231 – hvězda), doba zatížení v minutách (vyznačeno ∞), frekvence, proud na straně vn, napětí nakrátko u_k (e_k),



Obr. 10.7

proud na straně nn, znak spojení Dy1, hmotnost oleje, celková hmotnost, číslo normy, podle níž byl transformátor vyroben, a rok výroby.

b) Výkon stroje se udává v jednotkách zdánlivého výkonu $S = UI$, tj. ve volt ampérech (V. A), v jejich násobcích, protože rozměr i způsob konstrukce jsou dány jmenovitým napětím U a proudem I . Činný výkon $P = UI \cos \varphi$ ve wattech (W) nebo jeho násobcích závisí na charakteru zatížení.

c) Kterému vývodu vinutí a jakému napětí na straně vysokého napětí odpovídá vstupní proud $I_1 = 26,24$ A?

$$S_1 = \sqrt{3} U_1 I_1$$

$$U_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3} I_1} = \frac{1\,000\,000}{\sqrt{3} \cdot 26,24} \text{ V} \doteq 20\,000 \text{ V}$$

Toto napětí má druhý vývod.

d) Kterému nízkému napětí odpovídá výstupní proud $I_2 = 1\,444$ A?

Výstupní vinutí transformátoru dává stejný zdánlivý výkon S_2 jako vstupní vinutí; platí $S_1 = S_2$; $S_1 = 1\,000$ kV. A.

$$S_2 = \sqrt{3} U_2 I_2$$

$$U_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} I_2} = \frac{1\,000\,000}{\sqrt{3} \cdot 1\,444} \text{ V} \doteq 400 \text{ V}$$

e) Jaký je transformační převod?

Převod napětí je

$$P_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{20\,000}{400} = 50$$

Převod proudu je opačný.

$$P_I = \frac{I_1}{I_2} = \frac{26,14}{1\,444} = 0,018\,17 \doteq \frac{1}{55}$$

f) Na štítku je napětí nakrátko e_k (správně u_k) uvedeno v procentech, tj. $u_k = 5,18\%$. Kdybychom přivedli na vstupní svorky transformátoru místo 22 000 V jen 5,18 % tohoto napětí, tj.

$$u_{1k} = 5,18\% \cdot \frac{22\,000\text{ V}}{100\%} = 1\,139,6\text{ V}$$

a výstupní svorky určené pro napětí $U_2 = 400\text{ V}$ bychom spojili nakrátko, procházel by výstupním vinutím proud nakrátko $I_k = 1\,444\text{ A}$, tedy proud stejně velký jako jmenovitý proud I_2 .

Při spojení nakrátko za provozu (při tzv. zkratu) U_1 není 1 139,6 V, ale při provozním napětí 22 000 V bude nebezpečný zkratový proud asi dvacetkrát větší než jmenovitý proud I_2 , který však musí ochrana ihned vypnout.

Zkratový proud by byl při spojení výstupních svorek nakrátko tolikrát větší, kolikrát je větší 100 % než 5,18 %. Tedy

$$\frac{I_{2k}}{I_2} = \frac{100\%}{5,18\%}$$

$$I_{2k} = I_2 \frac{100\%}{5,18\%}$$

$$I_{2k} = 19,305 \cdot 1\,444\text{ A} = 27\,876,42\text{ A}$$

Zkratový proud ve výstupním vinutí transformátoru je

$$I_{2k} = 100\% \cdot \frac{I_2}{u_k}$$

$$u_k = \frac{U_{1k}}{U_1}, 100\% \quad (\%: \text{V}, \text{V})$$