

Výpočet a návrh transformátorů

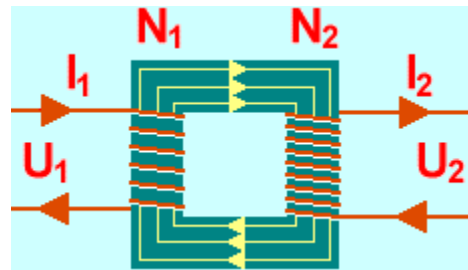
Transformátor je základní elektrický stroj a jeho úkolem je měnit – transformovat napětí. Přitom však dochází i ke změně velikosti proudu.

Základem transformátoru jsou dvě cívky (primární a sekundární), nasazené na uzavřeném železném jádře. Vinutí **primární cívky** se připojuje ke zdroji střídavého proudu, k vinutí **sekundární cívky** se připojuje spotřebič. **Jádro** transformátoru je složeno z navzájem izolovaných plechů např. z křemíkové oceli. Podle tvaru transformátorových plechů a uspořádání cívek se transformátory dělí na jádrové, plášťové a speciální. Podle počtu fází mohou být jednofázové, trojfázové nebo vícefázové.

Má-li sekundární cívka méně závitů než primární, pak indukované napětí na sekundární cívce je menší než na cívce primární. Platí to ovšem i obráceně.

Kolikrát je počet závitů sekundární cívky menší než počet závitů primární cívky, tolikrát je napětí na sekundáru menší než na primáru.

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$



1) Určíme výstupní napětí a proud $U_2, I_2; U_n, I_n$ [V,A]

2) Vypočítáme výstupní výkon transformátoru $P_2 = U_2 \times I_2 + U_n \times I_n$ [V.A]

3) Vypočítáme příkon

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} \text{ [V.A]}$$

η – eta – účinnost

Běžné transformátory mají $\eta = 0,8$

4) Vypočítáme vstupní proud primárním vinutím

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} \text{ [A]}$$

5) Vypočítáme a určíme plechy a cívku

$$S_{Fe} = 1,2\sqrt{P_1} \text{ [cm}^2\text{]}$$

S_{Fe} zaokrouhlíme na nejbližší vyšší [cm²]

EI 32 plechy
E 32x33x5 cívka

6) Vypočítáme závity na volt

$$N = \frac{45}{S_{Fe}} \text{ [N/V]}$$

(konstanta 45 je dána pro EI plechy)

- 7) Vinou ohmického odporu se zmenší proud a zároveň bude klesat napětí úměrně se zatížením, a proto upravíme napětí

$$U_1' = U_1 - 3\% \quad [\text{V}] \quad (230\text{V} - 3\% = 223,1\text{V})$$

$$U_2' = U_2 + 3\% \quad [\text{V}] \quad (12\text{V} + 3\% = 12,36\text{V})$$

$$U_n' = U_n + 3\% \quad [\text{V}] \quad (24\text{V} + 3\% = 24,72\text{V})$$

- 8) Vypočítáme závity na primárním a sekundárním vinutí cívky

$$N_1 = N \times U_1' \quad [\text{závitů}]$$

$$N_2 = N \times U_2' \quad [\text{závitů}]$$

$$N_n = N \times U_n' \quad [\text{závitů}]$$

Zaokrouhlíme na celé závity.

- 9) Vypočítáme průměr drátu

$$d_1 = \sqrt{\frac{I_1}{2}} \quad [\text{mm}]$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{I_2}{2}} \quad [\text{mm}]$$

$$d_n = \sqrt{\frac{I_n}{2}} \quad [\text{mm}]$$

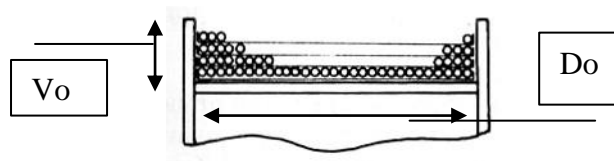
d zaokrouhlíme vždy na nejbližší vyšší skutečný ϕ podle tabulky.
Proudová hustota bývá přibližně $2,5\text{A}/1\text{mm}^2$.

- 10) Vypočítáme realizaci

Realizace má zásadní vliv na to, zda vypočítaný transformátor bude možné vůbec vyrobit. Pokud dojde k tomu, že realizace nevyjde, je zapotřebí vrátit se ke kroku 5 a zvolit větší jádro cívky.

Spočítáme, kolik se vejde do jedné vrstvy závitů drátu a kolik je zapotřebí vrstev. Průměry drátů ale musíme počítat podle tabulky „největší průměr drátu“, tj. průměr drátu plus vrstva laku. Tedy ne ty, co jsme vypočítali! Nesmíme zapomenout na proklady. Mezi primárním a sekundárním vynutím, musí být silný proklad (i několik prokladů, podle prostoru). Tenký proklad by měl být každých 30V mezi závity. Tenký proklad má 0,04 mm, silný 0,2 mm.

Při navíjení musíme dát pozor na správný počet závitů primární cívky. Navineme-li větší počet závitů (primárního vinutí), stane se z něj trafo s menším sycením jádra, tj. s menší magnetickou indukcí. Takový transformátor kolem sebe vytváří menší rušivé magnetické pole, ale zároveň dává měkké napětí. Navineme-li menší počet závitů, transformátor bude mít vyšší sycení jádra, bude vyzařovat velké magnetické rušení a bude hlasitě vrčet. Jeho sekundární napětí bude ale tvrdé. Přesycený transformátor se ovšem více zahřívá i bez zátěže. Na vině jsou velké vířivé proudy.



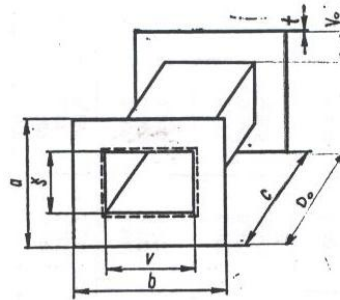
Výška okénka pro dráty

$$V_o = \frac{a - \delta}{2} - t$$

Délka okénka pro dráty

$$D_o = c - 2 \times t$$





$$D_0 = c - 2 \cdot t$$

$$V_0 = \frac{a - \check{s}}{2} - t$$

Obr. 46. Cívkové tělísko pro plechy E I (NT-N 002)

D₀ - délka okénka pro dráty

V₀ - výška okénka pro dráty

Tab. 3.22.1. (k obr. 46)

Typ plechů	s mm	v mm	a mm	b mm	c mm	t mm
E 10	10,5	8,5	19,5	18	14,5	1
		10,5		20		
		13,1		23		
		16,8		26		
E 12	12,5	10,5	24,5	24	18,5	1
		13,1		27		
		16,8		30		
		21		34		
E 16	16,5	13,1	31,5	30	23,5	1
		16,8		34		
		21		38		
		26,5		43		
E 20	20,5	16,8	39,5	37	29,5	1
		21		42		
		26,5		48		
		33,5		55		
E 25	25,5	21	49,5	47	37	1
		26,5		53		
		33,5		60		
		42		68		
Typ plechů	s mm	v mm	a mm	b mm	c mm	t mm
E 32	32,5	26,5	63,5	60	47,5	1
		33,5		66		
		42		75		
		52,5		85		
E 40	41	33,5	79,5	74	59,5	2
		42		84		
		52,5		95		
		67		108		
E 50	51	42	99,5	93	74,5	2
		52,5		104		
		67		118		
		84		135		
E 64	65	52,5	127,5	118	95,5	3
		67		132		
		84		150		
		105		170		

Průměr mm	Největší vnější průměr mm	Hmotnost vodivé		Počet vodičů na 1 cm	Střední odpor vodiče Ω/km	
		Cu g/m	Al g/m		Cu	Al
0,500	0,555	1,800	0,630	17,0	89,350	149,75
0,530	0,595	2,050	0,710	15,9	79,519	133,26
0,560	0,615	2,280	0,790	15,1	71,230	119,38
0,600	0,655	2,620	0,910	14,2	62,049	103,99
0,630	0,685	2,870	0,980	13,6	56,279	94,32
0,670	0,740	3,240	1,12	12,6	49,760	83,41
0,710	0,780	3,63	1,25	12,0	44,311	74,29
0,760	0,820	4,18	1,42	11,2	39,710	66,57
0,80	0,870	4,70	1,60	10,6	34,903	58,58
0,85	0,920	5,25	1,70	10,1	30,916	51,82
0,90	0,970	5,84	1,97	9,5	27,576	46,23
0,95	1,020	6,47	2,17	9,1	24,751	41,49
1,00	1,070	7,15	2,40	8,6	22,332	37,45
1,06	1,155	8,25	2,78	8,0	19,880	33,33
1,12	1,215	9,15	3,07	7,6	17,808	29,85
1,18	1,275	10,15	3,38	7,2	16,042	26,89
1,25	1,345	11,25	3,76	6,8	14,296	23,97
1,32	1,415	12,40	4,16	6,5	12,820	21,49
1,40	1,495	13,95	4,65	6,1	11,397	19,10
1,50	1,595	15,95	5,15	5,7	9,928	16,64
1,60	1,695	18,10	5,85	5,4	8,726	14,63
1,70	1,820	20,45	6,55	5,1	7,729	12,96
1,80	1,920	22,95	7,38	4,8	6,895	11,56
1,90	2,020	25,55	8,23	4,6	6,188	10,37
2,00	2,120	28,35	9,06	4,4	5,584	9,36
2,12	2,240	31,85	10,32	3,9	4,970	8,33
2,24	2,360	35,50	11,48	3,8	4,452	7,46

Lakované dráty

Průměr. mm	Největší vnější průměr mm	Hmotnost vodivé g/m	Počet vodičů na 1 cm	Odpor vodivé Ω/m
0,030	0,045	0,006	188	31,1880
0,040	0,055	0,013	155	16,6080
0,050	0,065	0,020	132	10,2690
0,056	0,076	0,025	117	8,0943
0,063	0,083	0,031	109	6,3157
0,071	0,091	0,039	98	4,9165
0,080	0,100	0,049	89	3,8348
0,090	0,110	0,061	81	3,0039
0,100	0,120	0,075	74	2,4164
0,112	0,139	0,095	64	1,9493
0,125	0,152	0,118	59	1,5529
0,132	0,159	0,131	56	1,3877
0,140	0,167	0,147	54	1,2292
0,150	0,177	0,169	50	1,0666
0,160	0,187	0,192	48	0,93428
0,170	0,205	0,216	46	0,83510
0,180	0,215	0,240	44	0,74240
0,190	0,225	0,267	42	0,66433
0,200	0,235	0,293	40	0,59793
0,212	0,247	0,331	38	0,53059
0,224	0,259	0,365	36	0,47404
0,236	0,271	0,405	34	0,42608
0,250	0,285	0,455	32	0,37877
0,265	0,310	0,510	31	0,34428
0,280	0,325	0,570	30	0,30731
0,300	0,345	0,650	28	0,26666
0,315	0,360	0,720	28	0,24123
0,335	0,380	0,810	25	0,18883
0,355	0,400	0,910	24	0,21963
0,375	0,420	1,010	22,5	0,16879
0,400	0,445	1,150	21,5	0,14796
0,425	0,460	1,340	19,7	0,13901
0,450	0,505	1,460	18,7	0,11744
0,475	0,530	1,620	17,8	0,10515
0,500	0,555	1,800	17,0	0,09470