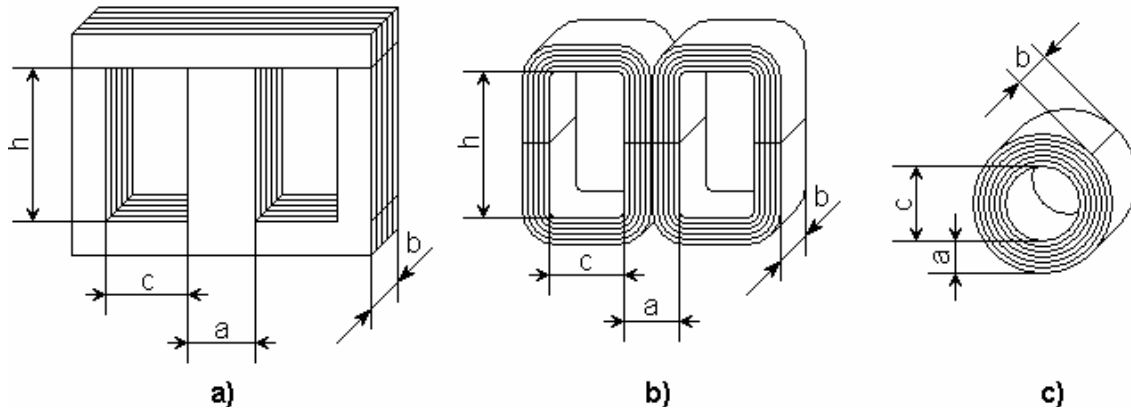


Tinklo transformatoriaus skaičiavimo metodika

Tokio skaičiavimo tikslas yra gauti kuo mažesnių gabaritų ir masės transformatorių su reikiama išėjimo parametrais (50 Hz elektros tinklui). Transformatoriaus skaičiavimą tikslinga pradėti nuo magnetolaidžio parinkimo, t. y. jo geometrinių išmatavimų ir formos. Plačiausiai naudojami trijų tipų magnetolaidžiai, pavaizduoti 1 pav.



1 pav. Transformatorių magnetolaidžių konstrukcijos: a) šarvinio plokštelinio, b) šarvinio juostinio, c) žiedinio juostinio

Kai reikalinga maža galia (nuo vienetų iki dešimčių vatų eilės) labiausiai tinkami šarviniai transformatoriai. Jie turi vieną karkasą su apvijomis bei jų gamyba yra nesudėtinga.

Transformatorius su žiedine šerdimi (*toroidinis*) gali būti naudojamas esant galiai nuo 30 iki 1000 W. Jie tinka kai reikalingas minimalus magnetinio srauto išsisklaidymas arba kai svarbiau yra minimalūs gabaritai. Turėdami kai kuriuos pranašumus gabarituose ir masėje prieš kitų tipų konstrukcijos transformatorius, toroidiniai yra ir mažiausiai technologiški (tinkami) gamyboje.

Pradiniai duomenys supaprastintam skaičiavimui yra:

- pirminės apvijos įtampa U_1 ;
- antrinės apvijos įtampa U_2 ;
- antrinės apvijos srovė I_2 ;
- antrinės apvijos galia $P_2 = I_2 \cdot U_2 = P_{i\bar{s}}$

Jeigu apvijų daug, tai transformatoriaus atiduodama galia, apibrėžiama visų antrinių apvijų galia ($P_{i\bar{s}}$).

TRANSFORMATORIAUS SKAIČIAVIMAS

Išsirinktos konstrukcijos magnetolaidžio matmenys, būtini duotai galiai gauti iš transformatoriaus, gali būti rasti panaudojant tokią matematinę išraišką:

$$S_{ct} \cdot S_{ok} = \frac{0.901 \cdot P_{i\bar{s}}}{B_{max} \cdot J \cdot K_{ok} \cdot K_{ct}},$$

kur S_{ct} – magnetolaidžio plieno plotas ties rite (aiškiau kalbant, kerno plotas);

S_{ok} – lango plotas magnetolaidyje;

B_{max} – magnetinė indukcija (žr. 1 lentelę);

J – srovės tankis (žr. 2 lentelę);

K_{ok} – lango užpildymo koeficientas (žr. 3 lentelę);

K_{ct} – magnetolaidžio užpildymo plienų koeficientas (žr. 4 lentelę).

Elektromagnetinių apkrovų B_{max} ir J dydžiai priklauso nuo galios, imamos nuo transformatoriaus antrinės apvijos grandinės, ir paimami dėl skaičiavimų iš 1 ir 2 lentelės.

1 lentelė

Magnetolaidžio konstrukcija	Magnetinė indukcija B_{max} [teslomis], kai išėjimo galia $P_{i\bar{s}}$ [W]				
	5-15 W	15-50 W	50-150 W	150-300 W	300-1000 W
Šarvinė (plokštelinė)	1,1-1,3	1,3	1,3-1,35	1,35	1,35-1,2
Šarvinė (juostinė)	1,55	1,65	1,65	1,65	1,65
Žiedinė	1,7	1,7	1,7	1,65	1,6

2 lentelė

Magnetolaidžio konstrukcija	Srovės tankis J [A/mm ²], kai išėjimo galia $P_{i\bar{s}}$ [W]				
	5-15 W	15-50 W	50-150 W	150-300 W	300-1000 W
Šarvinė (plokštelinė)	3,9-3,0	3,0-2,4	2,4-2,0	2,0-1,7	1,7-1,4
Šarvinė (juostinė)	3,8-3,5	3,5-2,7	2,7-2,4	2,4-2,3	2,3-1,8
Žiedinė	5-4,5		4,5-3,5	3,5	3,0

Lango užpildymo koeficientas K_{ok} pateiktas 3 lentelėje dėl apvijų, suvyniotų iš apvalaus laido su emaline izoliacija.

Magnetolaidžio ploto užpildymo plienų koeficientas K_{ct} priklauso nuo plieno storio, magnetolaidžio konstrukcijos (plokštelinė, juostinė) ir plokštelių arba juostų izoliavimo viena nuo kitos būdo.

3 lentelė

Magnetolaidžio konstrukcija	Darbinė įtampa [V]	Lango užpildymo koeficientas K_{ok} , kai išėjimo galia $P_{i\bar{s}}$ [W]				
		5-15 W	15-50 W	50-150 W	150-300 W	300-1000 W
Šarvinė (plokštelinė)	iki 100	0,22-0,29	0,29-0,30	0,30-0,32	0,32-0,34	0,34-0,38
	100-1000	0,19-0,25	0,25-0,26	0,26-0,27	0,27-0,30	0,30-0,33
Šarvinė (juostinė)	iki 100	0,15-0,27	0,27-0,29	0,29-0,32	0,32-0,34	0,34-0,38
	100-1000	0,13-0,23	0,23-0,26	0,26-0,27	0,27-0,30	0,30-0,33
Žiedinė		0,18-0,20		0,20-0,26	0,26-0,27	0,27-0,28

4 lentelė

Magnetolaidžio konstrukcija	Užpildymo koeficientas K_{ct} , kai plieno storis [mm]				
	0,08 mm	0,1 mm	0,15 mm	0,2 mm	0,35 mm
Šarvinė (plokštelinė)	–	0,7(0,75)	–	0,85(0,89)	0,9(0,95)
Šarvinė (juostinė)	0,87	–	0,90	0,91	0,93
Žiedinė	0,85		0,88		

PASTABA:

1. Skliausteliuose nurodyti plokštelių šerdžių užpildymo koeficientai, kai plokštelės izoliuotos laku arba fosfatine plėvele.
2. Juostinių magnetolaidžių užpildymo koeficientai nurodyti pagamintiems štapavimo metodu ir lanksčių juostų magnetolaidžiams.

Nustačius dydį $S_{ct} \cdot S_{ok}$, galima išrinkti reikalingą magnetolaidžio linijinį matmenį, turintį plotų santykį ne mažesnę kaip gautą skaičiavimo rezultate. Pirminės apvijos nominalios srovės dydį randame pagal formulę:

$$I_1 = \frac{P_{i\bar{s}}}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos \varphi},$$

kur transformatoriaus dydžiai η ir $\cos\varphi$, įeinantys į išraišką, priklauso nuo transformatoriaus galios ir gali būti apytikriai nustatyti pagal 5 lentelę.

5 lentelė

Dydis	Antrinių apvijų bendra galia P_{is} [W]				
	5-15 W	15-50 W	50-150 W	150-300 W	300-1000 W
η šarvinio juostinio	0,5-0,6	0,6-0,8	0,8-0,9	0,90-0,93	0,93-0,95
η žiedinio	0,76-0,88		0,88-0,92	0,92-0,95	0,95-0,96
$\cos\varphi$	0,85-0,90	0,90-0,93	0,93-0,95	0,95-0,93	0,93-0,94

Antrinių apvijų srovės dažnai būna duotos. Dabar galima nustatyti laidų diametrą kiekvienoje apvijoje neskaitant laido izoliacijos storio.

Laido plotas apvijoje:

$$S_{np} = \frac{I}{J},$$

diametras

$$d = 1.13 \cdot \sqrt{S_{np}}.$$

Nustatome transformatoriaus vijų skaičių:

$$W_n = \frac{45 \cdot U_n \cdot \left(1 - \frac{\Delta U_n}{100}\right)}{B_{\max} \cdot S_{ct}},$$

kur n – apvijos numeris, ΔU – įtampos kritimas apvijoje, išreikštas procentais nuo nominalios reikšmės, žr. 6 ir 7 lenteles.

Reikia atminti, kad duotuosius ΔU , pateiktus 6 lentelėje, dėl transformatorių su daug apvijų reikia patikslinti. Apvijoms, išdėstytoms ant pirminės apvijos, rekomenduojama naudoti ΔU reikšmę 10...20 % mažesnę, o išorinėms apvijoms 10...20 % didesnę nei nurodyta lentelėje.

Toroidinių transformatorių apvijoje pilno įtampos kritimo dydis žymiai mažesnis palyginti su šarviniais transformatoriais. Tai reikia įskaityti esant tam tikram apvijos vijų skaičiui – dydis ΔU paimamas iš 7 lentelės.

6 lentelė

Šarvinė konstrukcija	Antrinių apvijų bendra galia P_{is} [W]				
	5-15 W	15-50 W	50-150 W	150-300 W	300-1000 W
ΔU_1	20-13%	13-6%	6-4,5%	4,5-3%	3-1%
ΔU_2	25-18%	18-10%	10-8%	8-6%	6-2%

7 lentelė

Žiedinė konstrukcija	Antrinių apvijų bendra galia P_{is} [W]				
	8-25 W	25-60 W	60-125 W	125-250 W	250-600 W
ΔU_1	7%	6%	5%	3,5%	2,5%
ΔU_2	7%	6%	5%	3,5%	2,5%

TOROIDINIO TINKLO TRANSFORMATORIAUS SKAIČIAVIMO PAVYZDYSTurimi duomenys:Įėjimo įtampa $U_1 = 220$ VIšėjimo įtampa $U_2 = 22$ VMaksimali apkrovos srovė $I_1 = 10$ AAntrinės grandinės galią nustatome iš formulės $P_2 = U_2 \cdot I_2 = 220$ WTurime žiedinį juostinį magnetolaidį su matmenimis $b = 4$ cm, $c = 7,5$ cm, $a = 2$ cm (1 pav.).

$$S_{ok} = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 3,75^2 = 44,1 \text{ cm}^2;$$

$$S_{ct} = a \cdot b = 2 \cdot 4 = 8 \text{ cm}^2$$

Naudojantis galios formule ir lentelėmis, nustatome, kokią maksimalią galią galima gauti iš duoto magnetolaidžio:

$$P_{iš} = \frac{B_{\max} \cdot J \cdot K_{ok} \cdot K_{ct} \cdot S_{ct} \cdot S_{ok}}{0.901} = \frac{1.65 \cdot 3.5 \cdot 0.27 \cdot 0.88 \cdot 8 \cdot 44.1}{0.901} = 537.3 \text{ W}$$

Apskaičiuotas dydis viršija reikalingą pagal turimus duomenis galią ($P_2 = 220$ W), o tai reiškia, kad duotąjį magnetolaidį galima naudoti reikiamo transformatoriaus vynyjimui, bet jeigu reikalingi minimalūs transformatoriaus gabaritai, tai magnetolaidžio geležį galima paimti mažesnių matmenų (arba nuimti dalį juostos) atitinkamai paskaičiavus.

Nominali pirminės apvijos srovė:

$$I_1 = 220 / (220 \cdot 0,95 \cdot 0,93) = 1,13 \text{ A}$$

Laido plotas apvijose:

$$S_1 = \frac{1.13}{3.5} = 0.32 \text{ mm}^2;$$

$$S_2 = \frac{10}{3.5} = 2.86 \text{ mm}^2;$$

Laido diametras apvijose:

$$d_1 = 1.13 \cdot \sqrt{0.32} = 0.64 \text{ mm};$$

$$d_2 = 1.13 \cdot \sqrt{2.86} = 1.91 \text{ mm}$$

Išrenkame artimiausius laido diametrus iš standartinių – 0,64 ir 2 mm, ПЭВ arba ПЭЛ tipo.

Vijų skaičius transformatoriaus apvijose:

$$W_1 = \frac{45 \cdot 220 \cdot \left(1 - \frac{3.5}{100}\right)}{1.65 \cdot 8} = 724;$$

$$W_2 = \frac{45 \cdot 22 \cdot \left(1 - \frac{3.5}{100}\right)}{1.65 \cdot 8} = 72.$$