

Hálózati transzformátorok méretezése 2.

Stefanik Pál okl. villamosmérnök, HA5BT

Előző cikkünkben megismerkedtünk a transzformátor elvi működésével. Most áttérünk a gyakorlati méretezésre, s egy 24 V, 20 W-os forrasztópáka fűtésére alkalmas transzformátort fogunk kiszámolni.

A transzformátorszámítást mindig a szekunderoldali teljesítmény meghatározásával kezdjük. Ez esetünkben adott: 20 W. (Egyébként a szekunderoldali feszültség és áram szorzata adja.)

Ha ismerjük a szekunderoldali teljesítményt és a transzformátor hatásfokát, akkor ezekből az adatokból a primer teljesítmény már kiszámolható. A hatásfok képletét a múlt havi számunkban már felírtuk:

$$\eta = \frac{P_{sz}}{P_{pr}}$$

Azt is megjegyeztük, hogy az η (éta) az amatőrgyakorlatban használt transzformátorok esetében 0,7...0,8 körüli érték. Válasszuk az $\eta = 0,8$ értéket a továbbiakban.

Ezzel a primer teljesítmény:

$$P_{pr} = \frac{P_{sz}}{\eta} = \frac{20}{0,8} = 25 \text{ W.}$$

Ennek ismeretében már ki tudjuk számolni, hogy mekkora áram fog folyni a primer tekercsben:

$$I_{pr} = \frac{P_{pr}}{U_{pr} \cdot \cos \varphi} = \frac{25}{220 \cdot 0,8} = 0,142 \text{ A.}$$

A képletben szereplő $\cos \varphi$ -t teljesítmény- vagy fázistényezőnek hív-

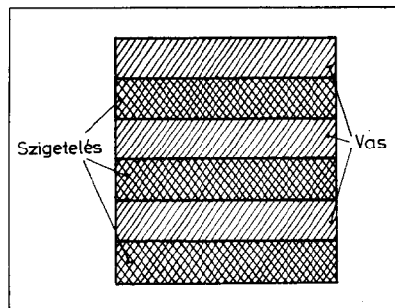
ják; mértékegység nélküli szám. A váltakozó áramú teljesítmény számításánál figyelembe kell venni a feszültség és az áram közötti fáziseltolást, a $\cos \varphi$ -t, amely azt mutatja meg, hogy a váltóáramú teljesítménynek mekkora hányada végez hasznos munkát. A $\cos \varphi$ értéke a gyakorlatban használt transzformátorok esetében 0,7...0,9 körüli érték. Minél kisebb a transzformátor, annál kisebb a $\cos \varphi$ értéke. Mi a 0,8 értékkel számolunk.

A primer teljesítményt azért kellett kiszámolni, hogy annak ismeretében meghatározhassuk a transzformátor szükséges vasmagkeresztmetszetét a következő képlet segítségével:

$$A = k \sqrt{P_{pr}}$$

A k tényező értékét a szakirodalom 50 W-ig $k = 1,2...1,4$; 50 W-on felül $k = 1,4...1,6$ között adja meg. Tehát:

$$A = k \sqrt{P_{pr}} = 1,4 \sqrt{25} = 7 \text{ cm}^2$$



1. ábra

Ezek szerint 7 cm² valóságos vasmagkeresztmetszet szükséges. Ezt lemezekből fogjuk összerakni, amelyek az örvényáramú veszteségek csökkentése céljából lakkréteggel vagy vékony papírral vannak egymástól elszigetelve. Ebből logikusan következik, hogy ha ilyen lemezekből rakjuk össze a szükséges 7 cm² vasmagkeresztmetszetet, akkor a valóságos vaskeresztmetszet ettől eltérő lesz.

A könnyebb megértés céljából lássunk egy *durva* példát. 9 cm² vaskeresztmetszetet kell megvalósítani. Vegyünk 3 db 3 cm széles, a szigeteléssel együtt egyenként 1 cm vastag lemezt (1. ábra). Az 1 cm-ből 0,5 cm a vas és 0,5 cm a szigetelés. Ha a három lemezt egymásra rakjuk, akkor a keresztmetszet 3 × 3 cm = 9 cm² lesz. A valóságban ebből a vas csak 3 cm × 1,5 cm = 4,5 cm². Azaz a keresztmetszetnek a vas csak az 50%-át tölti ki. Ezért a szigetelés miatt a tényleges keresztmetszet megnövekszik.

Hogy mennyivel kell a keresztmetszetet megnövelni, azt a már kiszámított A keresztmetszet és a tényleges keresztmetszet A_t aránya adja meg. Ezt az arányt *kitöltési tényezőnek* (t_{vas}) nevezzük.

$$t_{vas} = \frac{A}{A_t},$$

melyből a tényleges keresztmetszet:

$$A_t = \frac{A}{t_{vas}}.$$

(Folytatás a 86. oldalról)

ran azonos a velük együtt használt többi elektroncsőével. Nálunk a C sorozat csőveivel együtt elterjedten alkalmazták a Tungstram 200RI és 200RII típusokat, az előbbieket a 110 voltos, az utóbbiakat a 220 voltos hálózathoz, azaz a rádiókészülék feszültségátkapcsolásakor az ellenálláscsövet is cserélni kellett. Ugyan ezek Philips típusjelzése C1 és C2 volt.

A jóval később megjelent U sorozat csőveinek fűtőáramkörében azonban már nem vas-hidrogén csőveket, hanem a modernbb NTK ellenállásokat, más megnevezéssel termisztorokat alkalmaztak; ezek a csővek fűtőszálait még jobban kímélték, bár ezáltal a készülék bemelegedési ideje kissé megnőtt.

A második világháború után a legismertebb vashidrogéncső-gyártó az OSRAM volt, az NDK-ban a NARVA oberweissbechi gyárában készül-

tek ezen termékek. Ismertek azonban a Szovjetunióból származó vas-hidrogén csővek is.

Szerepük visszaszorulása miatt gyártásuk mindenütt megszűnt, és már csak muzeális példányként találhatók ilyenek, mivel használatukat más, korszerűbb eszközök kiszorították. Ahol netalán áramstabilizálásra mégis szükség mutatkozik, oda NTK-ellenállások alkalmazását kell betervezni.

1. táblázat

t [mm] lemezvastagság	t _{vas}
0,5	0,94
0,35	0,92
0,15	0,8
0,08	0,71

2. táblázat.
EI magok mérete [mm]

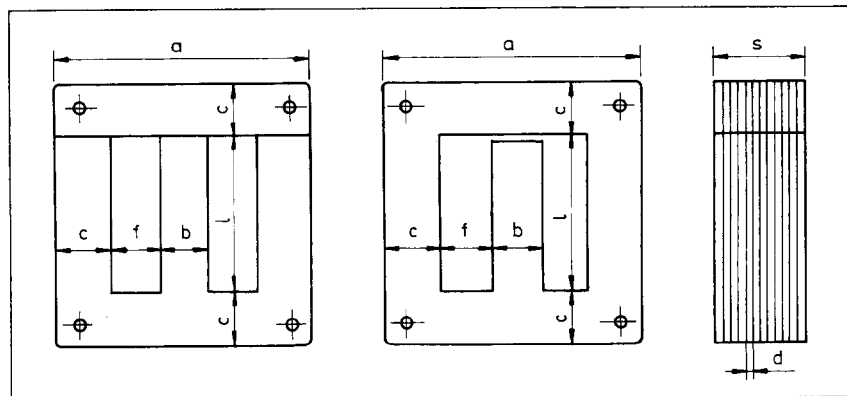
a	b	c	e	f
42	14	7	21	7
48	16	8	24	8
54	18	9	27	9
60	20	10	30	10
66	22	11	33	11
78	26	13	39	13
84	28	14	42	14
92	30	16	46	16
106	34	18	53	18

3. táblázat.
M magok mérete [mm]

a	b	c	e	f
20	5	3,5	13	4
30	7	5	20	6,5
42	12	6	30	9
55	17	8,5	38	10,5
65	20	10	45	12,5
74	23	11,5	51	14
85	29	14,5	59	15,5
102	34	17	68	17

4. táblázat.
EI magok bővített
ablakkal [mm]

a	b	c	e	f
52	16	10	26	26
64	20	12	32	32
82	25	16	41	41
104	32	20	52	52
130	40	25	65	65



2. ábra

A kitöltési tényező értékét a különböző vastagságú transzformátorlemezekre vonatkozólag az 1. táblázatban tüntettük fel.

Transzformátorunkat a kereskedelemben kapható 0,35-ös transzformátorlemezről készítjük el:

$$A_t = \frac{A}{t_{vas}} = \frac{7}{0,92} = 7,6 \text{ cm}^2.$$

Kérdés, hogy az így kiszámított 7,6 cm² keresztmetszetet hány darab lemezből tudjuk megvalósítani? Ehhez nyújt segítséget a 2., a 3. és a 4. táblázat, melyekben az EI és az M típusú vasmagok méreteit tüntettük fel mm-ben; innen kiválaszthatjuk a nekünk legjobban megfelelőt. A 2. ábrán feltüntettük a táblázatban szereplő betűjelölések jelentését.

A közölt magtípusok közül választjuk az EI típust, melynek a mérete 84 mm! Közvetlenül megjegyezzük, hogy célszerű olyan típust választani, amelyből közel négyzet alakú magot tudunk összeállítani. Az általunk választott EI-84 méretű lemez adatai a következők:

- a = 84 mm,
- b = 28 mm,
- c = 14 mm,
- e = 42 mm,
- f = 14 mm.

A szükséges pakettvastagságot az

$$s = \frac{A_t}{b}$$

képlet segítségével számoljuk ki, ahol

s = a pakett vastagsága [cm],
A_t = a tényleges keresztmetszet [cm²],
b = a lemez szélessége [cm].

$$\text{Tehát: } s = \frac{A_t}{b} = \frac{7,6}{2,8} = 2,7 \text{ cm.}$$

Hány darab lemezből tudjuk ezt megvalósítani?

Mintthon egy lemez vastagsága d = 0,35 mm, a kiszámított pakettvastagság s = 2,7 cm = 27 mm:

$$\frac{s}{d} = \frac{27}{0,35} = 77 \text{ darab.}$$

Ezek után ki kell számolni a primer és szekunder tekercsek menet-számát. Ezt az

$$n = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot A \cdot B}$$

képlet segítségével fogjuk kiszámolni.

A képletben szereplő:

U = a primer tekercsre kapcsolt feszültség effektív értéke [V],
f = a primer feszültség frekvenciája [Hz],

A = a vasmag valóságos keresztmetszete [m²],

B = a vasmagban megengedett maximális indukció [T].

A B indukció mértéke a tesla = T. Egy tesla = 10 000 gausszal (a régi szakirodalomban fordul elő az utóbbi elnevezés). A transzformátor méretezésénél 4%-os szilíciumtartalmú transzformátorlemez esetén a B értékére 0,8...1,2 T-t szokás felvenni. Nagyobb teljesítményű transzformátoroknál kisebb értékű, kis transzformátorok esetén nagyobb értékű B felvétele javasolt. Az amatőrgyakorlatban használatos transzformátoroknál a B = 0,8...1 T érték a leggyakoribb.

Alakítsuk át a menetszám kiszámítására szolgáló képletet úgy, hogy az U helyébe I V-ot írunk. Ezzel az ún. fajlagos, I voltra jutó menetszámot fogjuk megkapni. Jelöljük n'-vel!

$$n' = \frac{I}{4,44 \cdot f \cdot A \cdot B} = \frac{I}{4,44 \cdot 50 \cdot 7 \cdot 10^{-4} \cdot 1}$$

$$= \frac{10^4}{1554} = 6,5 \text{ menet/volt.}$$

Tehát 1 volt transzformálására 6,5 menet szükséges.

Ezt az értéket azonban a huzalvesztések miatt módosítanunk kell. Ugyanis a primer és a szekunder tekercseken átfolyó áram, a huzal ohmos ellenállása miatt, a tekercseken feszültségcsökést hoz létre. Ennek következtében a primer tekercsben csökken a transzformátor működéséhez szükséges mágnesező áram. A szekunder oldalon pedig a terhelés okoz feszültségcsökést. Ezt elkerülendő, a primer oldalon csökkenteni, a szekunder oldalon pedig növelni kell a menetszámot.

A feszültségcsökés értéke a tekercsen átfolyó áram értékétől, az áramsűrűségtől, valamint a tekercs huzalanyagából adódó ohmos ellenállástól függ.

Áramsűrűség alatt a vezető keresztmetszetének egységnyi felületére jutó áramsűrűséget értjük. A jele: J . Számításunk során nem közömbös, hogy milyen áramsűrűséggel számolunk. Ugyanis a transzformátor csévetestjére, a mi esetünkben két tekercs kerül: a primer alul és ettől szigetelten a szekunder, fölül. A huzalon átfolyó áram melegíti a huzalt, tehát magát az egész transzformátort is. Az alul elhelyezett tekercs szellőzhet a legkevésbé, míg a fölül lévő(k) jobban. (Egy csévetesten lehet 3-4 tekercs is, melyek egymás fölött helyezkednek el.) Ebből következik az, hogy az alul lévő primer tekercsnél kisebb, $J = 2,5 \text{ A/mm}^2$ áramsűrűséget engedhetünk meg, míg a jobban hűlő felső, szekunder tekercsnél a $J = 3 \text{ A/mm}^2$ áramsűrűség is megengedhető. A mi esetünkben, minthogy csak két tekercset kell elhelyezni a csévetesten, mindkettőnél $J = 2,5 \text{ A/mm}^2$ áramsűrűséggel számolunk majd.

β -val jelöljük a százalékban kifejezett feszültségcsökést:

$$\beta = 6 \cdot \frac{J}{b \cdot B} = 6 \cdot \frac{2,5}{2,8 \cdot 1} = 5,35\%$$

ahol

J = az áramsűrűség [$2,5 \text{ A/mm}^2$],
 b = a lemez szélessége [cm],
 B = az indukció [1 tesla].

Tehát a primer tekercs menetszámát 5,35%-kal kell csökkenteni. Ennek figyelembevételével a primer menetszáma:

$$n_{pr} = \left(1 - \frac{\beta}{100}\right) n' \cdot U_{pr} = \\ = (1 - 0,0535) \cdot 6,5 \cdot 220 = 1353.$$

A szekunder tekercs menetszámát pedig 5,35%-kal meg kell növelni:

$$n_{szek} = \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) n' \cdot U_{szek} = \\ = (1 + 0,0535) \cdot 6,5 \cdot 24 = 164.$$

A kiszámított menetszámok után az a kérdés, hogy a primer és szekunder tekercsetek milyen átmérőjű huzalból kell megtekercselni. Ehhez ismerni kell a primer- és a szekunderoldali áramokat. A primer áramot a cikk elején már kiszámoltuk: $I_{pr} = 0,142 \text{ A}$. A szekunder áramot a teljesítményből és a feszültségből számítjuk ki.

$$I_{szek} = \frac{P_{szek}}{U_{szek}} = \frac{20}{24} = 0,83 \text{ A.}$$

A huzalátmérőket az áramok ismeretében a

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I}{J}} \text{ képlettel számoljuk, ahol}$$

I = a huzalon átfolyó áram [A],
 J = az áramsűrűség A/mm^2 -ben.

Ezzel a primer tekercs huzalátmérője:

$$d_{pr} = 1,13 \sqrt{\frac{0,142}{2,5}} \approx 0,25 \text{ mm,}$$

a szekunderé pedig:

$$d_{szek} = 1,13 \sqrt{\frac{0,83}{2,5}} \approx 0,6 \text{ mm.}$$

A menetszámok és huzalátmérők ismeretében még meg kell győződnünk arról, hogy a tekercsek elférnek-e a transzformátorlemez ablakívágásában. A tekercsek egyes menetsorait vékony papírsíkokkal szigeteljük el egymástól, különös figyelemmel arra, hogy a szélső menet ne csússzanak le az előtte lévő sorra!

A papírszigetelés is helyet foglal el. Ezenkívül maga a csévetest is csökkenti a hasznos tekercselési teret.

Lássuk tehát a primer helyfoglalását! Először is kiszámítjuk a primer tekercs huzalkeresztmetszetét:

$$q_{pr} = \frac{d_{pr}^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,25^2 \cdot 3,14}{4} = 0,049 \text{ mm}^2$$

A teljes tekercs rézkeresztmetszete:

$$L_{pr} = n_{pr} \cdot q_{pr} = 1353 \cdot 0,049 = 66,3 \text{ mm}^2.$$

A papírszigetelés miatt a kihasználási tényezőt 50%-nak vesszük. Ezzel a primer tekercs keresztmetszete:

$$A_{pr} = \frac{L_{pr}}{t_i} = \frac{66,3}{0,5} = 132 \text{ mm}^2.$$

A szekunder oldal számítása:

$$q_{szek} = \frac{d_{szek}^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,36 \cdot 3,14}{4} = 0,282 \text{ mm}^2,$$

$$L_{szek} = n_{szek} \cdot q_{szek} = 164 \cdot 0,282 = 46,24 \text{ mm}^2.$$

Ezekkel az adatokkal a szekunder oldal keresztmetszete:

$$A_{szek} = \frac{L_{szek}}{t_i} = \frac{46,24}{0,5} = 92,5 \text{ mm}^2.$$

A két tekercs együttes helyigénye:

$$A_{pr} + A_{szek} = 132 + 92,5 = 224,5 \text{ mm}^2.$$

A választott transzformátorlemez ablakkeresztmetszetét a 2. ábra jelöléseivel és a 2. táblázatban feltüntetett méretek alapján számoljuk ki. A csévetest anyagának vastagságát (g) 1,5-re vesszük. Így a hasznos ablakkeresztmetszet:

$$L_{abl.} = (f - g) \cdot (e - 2g) = \\ = (14 - 1,5) \cdot (42 - 3) = 487,5 \text{ mm}^2.$$

Tehát látjuk, hogy a hasznos ablakkeresztmetszet ($487,5 \text{ mm}^2$) jóval nagyobb a szükséges $224,5 \text{ mm}^2$ -nél.

Befejezésképpen egy egyszerű, táblázat alapján történő transzformátorméretezést fogunk ismertetni.



MediCHIP KFT

Videó és Elektronikai Alkatrészbolt
 6000 Kecskemét, Magyar u. 22. Tel.: 76/327-763

Megújult külsővel, kibővült választékkal várom kedves vevőimet.
 Aktív-passzív audió és videó alkatrészek nagy választéka kapható, ill. megrendelhető katalógusok alapján.

Nyitva: H-P 9-12.30, 13.30-17.30, Szó 9-12-ig



