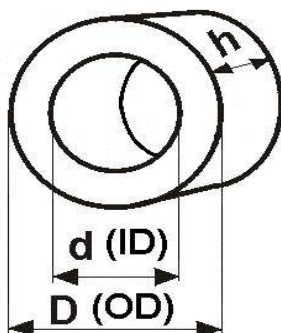


Tento článek vyšel v Ra 6/2003.
ok1ayy 23.11.2006

Cívky na feritových toroidech z Prametů Šumperk

Pro stanovení indukčnosti cívky na toroidu potřebujeme znát cívkovou konstantu (také součinitel indukčnosti nebo činitel indukčnosti jádra) A_L . I když se omezíme na hlavní používané rozměry a materiály toroidů, dostaneme „veletabulku“ konstant A_L . Rozměrová řada toroidů bývalého Prametů je ale volena tak, že lze stanovit společné násobitele cívkové konstanty A_L vůči zvolenému referenčnímu rozměru toroidního jádra. Tím můžeme veletabulku konstant A_L zredukovat na jeden rozměr jádra. Pro jiný rozměr pak vynásobíme A_L příslušným součinitelem. Místo jedné veletabulky si tedy vytvoříme jen dvě malé přehledné tabulky.

Jako referenční jádro jsem zvolil toroid T10 rozměrů $D = 10$ mm, $d = 6$ mm, $h = 4$ mm, viz obr. 1.



Obr. 1. Obvyklý způsob označování rozměrů toroidního jádra

V tabulce 1 jsou součinitelé indukčnosti A_L pro jádra T10. Pro jiný rozměr jádra vynásobíme cívkovou konstantu A_L součinitelem [k] z tabulky 2.

Součinitelé indukčnosti A_L pro jádro T10			
Materiál	barevné označení	A_L [nH/z ²]	A_L [μH/z ²]
N01	červená	3,3	0,0033
N02	světle zelená	8,2	0,0082
N05	tmavě modrá	20	0,02
N1	žlutá	49	0,049
N2	tmavězelená	82	0,082
N3	-	140	0,14
H6	černá	245	0,245
H7,N7	-	285	0,285
H12	světle modrá	510	0,51
H21	hnědá	580	0,58
H20	šedá	820	0,82
H22	oranžová	900	0,9
H40	okr tmavý	1760	1,76
H60	-	2450	2,45

Tab. 1. Součinitelé indukčnosti jádra A_L pro toroid T10

Toroid	Rozměry	AL vůči T10
	D/d/h [mm]	[k]
T4	4/2,4/1,6	0,4
T6,3	6,3/3,8/2,5	0,61
T10	10/6/4	1
T12,5	12,5/7,5/5	1,25
T16	16/10/6,3	1,5
T20	20/12/8	1,95
T25	25/15/10	2,5
T32	32/20/13	3
T40	40/24/16	4
T50	50/30/20	5
T80	80/50/22	6,1

Tab. 2: Součinitelé [k] pro přepočet A_L na jiný rozměr jádra. Platí jen pro rozměrovou řadu toroidů Pramet Šumperk. Nepřesnost hodnot součinitelů [k] je pod 3 % s výjimkou T80, kde jsou odchylky 5 %. To je vůči výrobním tolerancím hodnot A_L a μ_i v praxi zanedbatelné.

Nezapomeňte, že cívková konstanta A_L platí pro 10 kHz, 0,1 mT a 25°C. Pro kmitočty KV a VKV musíme proto u feritových jader vynásobit konstantu A_L ještě součiniteli indukčnosti pro ten který kmitočet a materiál stejně, jako jsme násobili indukčnost v [1]. Úskalí ale spočívá v tom, že v [1] jsme násobili indukčnost změřenou nř RLC metrem a tím tedy eliminovali výrobní tolerance μ_i a A_L , které jsou 20 až 25 %, u bazarových toroidů až 40 %. U cívkových konstant A_L ale tyto tolerance neodstraníme. Jinak řečeno u feritových toroidů jsou katalogové údaje hodnot A_L a μ_i nejisté, proto je lépe změřit indukčnost aspoň nř RLC metrem a pak jí přepočítat na pracovní kmitočet dle [1], nebo měřit indukčnost přímo na pracovním kmitočtu. Při měření malých feritových toroidů s malým počtem závitů při měření přístroji RF1, MFJ259B i novějšími snadno překročíme uvažované sycení 0,1 mT. Měříme-li těmito přístroji indukčnost třeba na 1,8 MHz při méně než 5 závitech a toroidu menším než T10, musíme počítat s další chybou měření. Další užitečné informace najdeme v [4].

Na KV standardně používáme jednotky indukčnosti μH , automaticky si proto součinitel indukčnosti jádra A_L převádíme z nH/z^2 na $\mu\text{H}/\text{z}^2$. V tabulce 1 jsem proto uvedl také v KV radioamatérské praxi nepoužívanější rozměr A_L v $\mu\text{H}/\text{z}^2$. Převody mezi dalšími používanými jednotkami A_L jsou:

$$1 \text{ nH}/\text{z}^2 = 1 \text{ mH}/1000 \text{ záv.} = 10 \mu\text{H}/100 \text{ záv.} = 0,001 \mu\text{H}/\text{z}^2$$

$$1 \mu\text{H}/100 \text{ záv.} = 0,1 \text{ nH}/\text{z}^2 = 0,1 \text{ mH}/1000 \text{ záv.} = 0,0001 \mu\text{H}/\text{z}^2$$

$$1 \mu\text{H}/\text{z}^2 = 1000 \text{ nH}/\text{z}^2 = 1000 \text{ mH}/1000 \text{ záv.} = 10\,000 \mu\text{H}/100 \text{ záv.}$$

Nejčastější příklady:

$$\text{Amidon FT50-43 } A_L = 523 \text{ mH}/1000 \text{ záv.} = 523 \text{ nH}/\text{z}^2$$

$$\text{Amidon T68-2 } A_L = 57 \mu\text{H}/100 \text{ záv.} = 5,7 \text{ nH}/\text{z}^2$$

Všimněte si optického klamu u železoprachových jader, kdy při jednotkách $\mu\text{H}/100$ záv. vychází A_L číselně desetkrát větší, než u jednotek $\text{mH}/1000$ záv. = nH/z^2 používaných u jader feritových. U železoprachových jader je tedy A_L malé, což omezuje jejich použití v některých aplikacích, např. u reflektometrů s vyšší citlivostí. A naopak u cívek pro laděné obvody jen málokdy vyhoví jádro feritové.

Příklad 1:

Spočítejte indukčnost cívky s 12 závitů na malém toroidu T4/N05 a indukčnost cívky s 8 závitů na toroidu průměru 50 mm z hmoty N3.

$$L = k N^2 A_L$$

T4/N05 - 12 závitů:

$$= 0,4 \cdot 12^2 \cdot 0,02 = 1,15 \mu\text{H}$$

T50/N3 - 8 závitů:

$$= 5 \cdot 8^2 \cdot 0,14 = 44,8 \mu\text{H}$$

Opět mějte na paměti, že uvedené výsledky platí pro 10 kHz - viz [1]. U materiálů N3 a N05 jsou ale odchylky indukčnosti v rámci KV relativně malé - navýšení indukčnosti asi 60% je uprostřed KV u N3 a navýšení indukčnosti asi 30% na horním konci KV u N05.

Příklad 2:

a) Pro laděný obvod potřebujeme cívku s indukčností $2 \mu\text{H}$, kterou navineme na jádro T6,3 z hmoty N02. Stanovte počet závitů.

b) Určete minimální počet primárních závitů balunu, který připojíme na výstup TCVRu 50Ω . Jádro je z materiálu N1 a má průměr 50 mm. Vinutí by mělo mít na 1,8 MHz podle pravidla čtyřnásobku reaktanci minimálně 200Ω . Indukčnost by tedy neměla menší než $18 \mu\text{H}$.

$$N = \sqrt{\frac{L}{k A_L}}$$

a/ T6,3/ N02, $L = 2 \mu\text{H}$, $N = ?$

$$N = \sqrt{\frac{2}{0,61 \cdot 0,0082}} \doteq 20 \text{ záv.}$$

b/ baloon T50/ N1, $N_{\min} = ?$

$$L_{\min} = \frac{X_L}{2 \pi f} \quad [\mu\text{H}; \Omega, \text{MHz}]$$

$$L_{\min} = \frac{4 \cdot 50}{2 \pi \cdot 1,8} \doteq 18 \mu\text{H}$$

$$N_{\min} = \sqrt{\frac{18}{5 \cdot 0,049}} \doteq 9 \text{ záv.}$$

Indukčnost v rámci KV na materiálech N1 a N02 se prakticky nemění, výpočet dobře souhlasí se skutečností. U feritových balunů je navíc problém se sycením a tak může vyjít potřebný počet závitů i vyšší, další informace viz [4].

Závěr

Příspěvek je zopakováním věcí známých, shrnutím podkladů pro výpočet indukčností na feritových toroidech bývalého Prametů Šumperk a zároveň nostalgickou vzpomínkou na slávu a porevoluční pád výroby feritů v Česku [2]. Lze jen doufat, že zásoby feritů z bývalého Prametů ještě nějaký rok vydrží, než budeme donuceni kupovat desetkrát až stokrát dražší, ale ne o tolik lepší ferity zahraniční. Výjimkou je snad jen materiál Amidon 43, který nelze nahradit žádným feritem nejen z Prametů, ale pravděpodobně ani feritem světových výrobců zvukných jmen. Zbytky zásob feritů z bývalého Prametů Šumperk můžeme ještě v omezeném sortimentu koupit u mnoha prodejců, například [3].

[1] Jaroslav Erben, OK1AYY: Mění se indukčnost na feritových toroidech s kmitočtem? RA 5/2003

[2] www.hw.cz/mimochodem/ferity_end.html

[3] Jaroslav Douša, Elektronika JD&VD, Mečovská 378/3, 193 00 Praha 9, Horní Počernice, www.jdvd.cz

[4] Jaroslav Fišera, ex OK1ADZ: Zásady při návrhu vf transformátorů. Radiožurnál 6/2001