

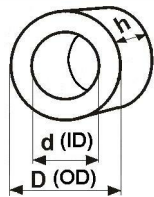
Cívky na feritových toroidech z Prametů Šumperk

Ing. Jaroslav Erben, OK1AYY, ok1ayy@volny.cz

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

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



Obr. 1. Obvyklý způsob označování rozměrů toroidního jádra

Součinitelé indukčnosti AL pro jádro T10			
Materiál	barevné označení	AL [nH/z ²]	AL [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 AL pro toroid T10

Toroid	Rozměry		AL vůči T10 [k]
	D/d/h [mm]		
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. Součinitel [k] pro přepočítání AL na jiný rozměr jádra. Platí jen pro rozměrovou řadu toroidů Prametů Šumperk. Nepřesnost hodnot součinitelů [k] je pod 3 % s výjimkou T80, kde jsou odchylky 5 %. To je vůči výrobním tolerancím hodnot AL a μi v praxi zanedbatelné.

Nezapomeňte, že cívková konstanta AL platí pro 10 kHz, 0,1 mT a 25°C. Pro kmitočty KV a VKV musíme proto u feritových jader vynásobit konstantu AL 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 μi a AL, které jsou 20 až 25%, u bazarových

toroidů až 40%. U cívkových konstant AL ale tyto tolerance neodstraníme. Jinak řečeno: u feritových toroidů jsou katalogové údaje hodnot AL a μi 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 závitěch 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 AL převádíme z nH/z² na μH/z². V tabulce 1 jsem proto uvedl také v KV radioamatérské praxi nejpoužívanější rozměr AL v μH/z². Převody mezi dalšími používanými jednotkami AL jsou:

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

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

$$1 \text{ μH/z}^2 = 1000 \text{ nH/z}^2 = 1000 \text{ mH}/1000 \text{ záv.} = 10000 \text{ μH}/100 \text{ záv.}$$

Nejčastější příklady:

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

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

Všimněte si optického klamu u železoprachových jader, kdy při jednotkách μH/100 záv. vychází AL číselně desetkrát větší, než u jednotek mH/1000 záv. = nH/z² používaných u jader feritových. U železoprachových jader je tedy AL 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.

$$L = k N^2 A_L$$

$$\text{T4/N05 - 12 závitů: } L = 0,4 \cdot 12^2 \cdot 0,02 = 1,15 \text{ μH}$$

$$\text{T50/N3 - 8 závitů: } L = 5 \cdot 8^2 \cdot 0,14 = 44,8 \text{ μH}$$

v rámci KV relativně malé - navýšení asi 60% uprostřed KV u N3 a navýšení asi 30% na horním konci KV u N05.

Příklad 2:

a) Pro laděný obvod potřebujeme cívku s indukčností 2 μH, kterou navineme na jádro T6,3 z hmoty N02. Stanovte počet závitů.

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

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

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

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

b/ baloon T50/ N1, Nmin = ?

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

$$L_{\text{min}} = \frac{4 \cdot 50}{2 \pi \cdot 1,8} \approx 18 \text{ μH}$$

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

Indukčnost v rámci KV na materiálech N1 a N02 se prakticky nemění, výpočet dobře souhlasí se skutečností. U feritových baloounů 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 zvučných 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, OK1ADZ: Zásady při návrhu vř transformátorů. Radiožurnál 6/2001

Oprava tabulky z článku o feritových toroidech v čísle 5/2003

V článku "Mění se indukčnost na feritových toroidech s kmitočtem?", který byl otištěn v minulém čísle, došlo při zpracování dolní části tabulky 1 k posunu řádků. Údaje o násobitelích indukčnosti pro materiály 4A11 Philips až 3E9 Philips uvedené v řádcích odpovídajících kmitočtům 1,8 až 145 MHz mají být posunuty o řádek výš - první řádek údajů tedy má patřit ke kmitočtu 1,1 MHz atd. a u těchto materiálů již řádek pro 145 MHz bude zcela prázdný.

Opravte si dále údaj Lmax / f pro materiál H12 - místo 1,2 / 1,8 má být správně 1,2 / 0,8.

Konečně si opravte hodnotu v posledním vzorečku ve středním sloupci na str. 20 - ve výpočtu L28 byl použit starší koeficient 0,25, správně má být 0,2 tak, jak je uveden v tabulce 1.

Děkujeme, že uvedené chyby omluvíte.