

Prášková feromagnetická jádra MPP, HF a KOOL M μ

ing. Josef Jansa

Tento příspěvek volně navazuje na článek [1] a přináší informace o méně běžných a známých kovových práškových materiálech pro výrobu toroidních jader.

Úvod

Pro dosažení vysoké účinnosti a malých rozměrů moderních spínaných zdrojů a měničů napětí je pro jádra v nich aplikovaných akumulčních tlumivek a transformátorů nutno použít feromagnetické materiály, které se vyznačují vysokou nasycenou indukcí a velmi dobrými vysokofrekvenčními vlastnostmi. Zatímco první podmínce příliš nevyhovují feritové materiály [2] s nasycenou indukcí nejvýše asi 0.5 T, druhou často nemohou splnit běžné železoprachové materiály [1] s přijatelnými ztrátami do několika desítek kHz. Dobrým řešením mohou být níže popsaná prášková jádra na bázi slitin železa s dalšími kovy.

MPP - Molypermalloy

Pod tímto označením se obvykle skrývá práškový materiál ze slitiny přibližného složení Ni80FeMo (molybdenpermalloy, supermalloy), který se vyznačuje vysokou rezistivitou, malými hysterezními ztrátami i malými ztrátami vířivými proudy, vynikající stabilitou indukčnosti po stejnosměrném magnetování (změna v řádu desetin %) či při vysoké stejnosměrné předmagnetizaci i minimální závislostí indukčnosti na velikosti střídavého magnetování až do indukce 0.2 T. Ze všech tří popisovaných materiálů se vyznačuje nejvyšším Q, nejnižšími ztrátami a nejširším rozsahem permeability i její nejvyšší stabilitou, naopak nevýhodou je relativně nižší nasycená indukce asi 0.7 T.

MPP jádra jsou ideální volbou pro cívky s vysokým Q a vysokou stabilitu indukčnosti za různých magnetických a teplotních podmínek, jako jsou filtry a laděné obvody, a to až do frekvencí řádu jednotek MHz. (V oblasti nad přibližně 300 kHz se již ovšem projevují ztráty vířivými proudy a činitel jakosti i u MPP jader s nízkou relativní permeabilitou klesá). Jsou nejlepším kovovým práškovým materiálem pro nízkoztrátové indukčnosti spínaných zdrojů, měničů a odrušovacích filtrů.

Toroidní MPP jádra se vyrábí se v rozsahu relativních permeabilit $\mu = 14$ až 550 s tolerancí ± 8 %. O výtečné stabilitě parametrů svědčí skutečnost, že v rámci této tolerance jsou jádra obvykle dodávána tříděna do skupin po 2 %. Na přání je možno tuto stabilitu dále zvýšit zvláštní úpravou a tyto skupiny zúžit až na 1 %.

HF - High Flux

Tato prášková jádra ze slitiny Ni50Fe50 (permalloy) jsou podobná jádrům MPP, avšak díky své vysoké nasycené indukci asi 1.5 T jsou mnohdy výhodnější pro vysoké výkony nebo vysokou stejnosměrnou magnetizaci. Ve srovnání s železoprachovými jádry, jejichž nasycená indukce je podobná, jsou jejich ztráty zřetelně nižší.

HF jádra jsou velmi vhodná pro odrušovací filtry, u nichž při velkém střídavém napětí na tlumivce nesmí dojít k její saturaci. Dále nacházejí užití jako jádra akumulčních a filtračních indukčností ve spínaných zdrojích, neboť jejich vysoká nasycená indukce s sebou přináší schopnost vyšší akumulace energie než v MPP nebo mezerových feritových jádrech stejné velikosti a stejné efektivní permeability. Tlumivky pak mohou být menší než obdobné výrobky s jádry MPP či feritovými. Velmi nízká remanentní indukce HF jader poskytuje v kombinaci s vysokou nasycenou indukcí velký rozkmit ΔB , což tato jádra činí dále velmi vhodnými pro jednočinné aplikace, jako jsou pulsní a flyback transformátory.

Toroidní HF jádra se vyrábí se v rozsahu relativních permeabilit $\mu = 14$ až 160 s tolerancí ± 8 %.

KOOL M μ

Pod tímto označením (též Super MSS) se skrývá prášek ze slitiny FeSiAl, známé jako Sendust či Alsifer. Jádra z tohoto materiálu jsou charakteristická nasycenou indukci asi 0.9 T, tedy o něco menší, než mají běžná jádra železoprachová. Ve srovnání s nimi však vykazují značně menší ztráty při vysokofrekvenčních aplikacích.

Jádra KOOL M μ jsou podobně jako předchozí typy vhodná pro akumulční tlumivky ve spínaných zdrojích. Mají vyšší schopnost akumulace energie než MPP či mezerové ferity stejné velikosti a efektivní permeability. Tam, kde k ohřevu tlumivky přispívá hlavně střídavá složka proudu (zvlnění, AC ripple), jsou jádra KOOL M μ lepší než jádra železoprachová, neboť umožňují při stejném ohřevu menší rozměry. Stejně jako HF jádra jsou vhodná do odrušovacích filtrů, u nichž při velkém střídavém napětí na tlumivce nesmí dojít k její saturaci, a pro jednočinné aplikace.

Toroidní jádra KOOL M μ se vyrábí se v rozsahu relativních permeabilit $\mu = 60$ až 125 s tolerancí ± 8 až 15 %.

Srovnání magneticky měkkých práškových materiálů

Pro usnadnění výběru vhodného materiálu pro určitou aplikaci mohou posloužit přiložené tabulky, v nichž jsou materiály seřazeny podle daného kritéria.

Základní porovnání z hlediska hlavních magnetických parametrů a ceny uvádí tabulka č. 1. Uvedené hodnoty nasycené indukce je přitom nutno brát jako orientační, neboť do značné míry závisí i na konkrétním materiálu dané skupiny a jeho permeabilitě. Totéž platí i o cenovém porovnání.

Podrobně a konkrétně je porovnání měrných ztrát jednotlivých materiálů při daném kmitočtu, indukci a teplotě 25 °C zachyceno v tabulce č.2. Zde je na místě upozornit, že přípustná úroveň měrných ztrát jádra dané tlumivky velmi podstatně závisí na jejím provedení a na odvodu tepla z celkových ztrát $P_{Fe} + P_{Cu}$ do okolí. Velmi obecně lze však říci, že cívky s feritovými jádry "snesou" maximální přípustné wattové ztráty asi 100 až 200 mW/cm³, tepelně podstatně lépe vodivá kovová prášková jádra lze pak provozovat i při velikosti měrných ztrát několikrát vyšší.

Je-li primární hlavně schopnost jádra akumulovat magnetickou energii $\frac{1}{2}LI^2$, jak je tomu např. u akumulčních tlumivek spínaných zdrojů, je pořadí materiálů dáno především využitelným zdvihem magnetické indukce - viz tabulka č. 3. Rovněž toto srovnání je pouze orientační a platí pro jádra stejných rozměrů a stejné efektivní permeability.

V aplikaci, kde je jádro syceno velkou stejnosměrnou předmagnetizací, jak je tomu např. u filtračních tlumivek, dochází od jisté úrovně stejnosměrného pole k poklesu inkrementální permeability, která určuje efektivní indukčnost jádra. Jestliže materiály stejné efektivní permeability porovnáme z tohoto hlediska, dostaneme pořadí podle tabulky č.4.

V praxi je na tlumivku kladena obvykle kombinace uvedených požadavků, přičemž podstatná bývá rovněž otázka cenová - jádra MPP a HF jsou ve srovnání s běžným železoprachovým materiálem [1] asi o řád dražší a podstatně tak ovlivňují koncovou cenu výrobku.

Dostupnost magneticky měkkých práškových materiálů

Zatímco tlumivky se standardními železoprachovými jádry jsou bezproblémově velmi přijatelně dostupné z běžné produkce firmy P MEC Šumperk [1] a totéž platí i o většině feritových jader standardní kvality z nabídky PRAMETu Šumperk [2], je dostupnost MPP, HF a KOOL M μ jader problematictější. Stejně jako železoprachová jádra jsou totiž výhradně zahraniční (převážně zámořské) provenience, na rozdíl od nich je však dosud jejich tuzemská spotřeba příliš malá, než aby byl jejich dovoz rentabilní i pro výrobní sféru. Lze proto jen doufat, že snaha našich elektrotechnických firem o lepší parametry jimi vyráběných spínaných zdrojů a podobných zařízení umožní výrobky s těmito perspektivními jádry na trh časem uvést.

Literatura

- [1] Jansa J. : Železoprachové toroidní tlumivky. PE 8/97
 [2] Petrek J. : Feritová jádra. AR B4/94

	Železoprach	HF	KOOL M μ	MPP	Ferity
Ztráty	nejvyšší	----->			nejnižší
Nasyc. indukce [T]	1.6	1.5	0.9	0.7	0.5
Rel. permeabilita	3 - 85	14-160	60 - 125	14 - 550	10 - 10000
Relativní cena	nízká	vysoká	střední	vysoká	střední

Tabulka č. 1

	Ferity s mezerou	MPP	KOOL M μ	HF	Železoprach
Energie	nejnižší	----->			nejvyšší

Tabulka č. 3

	Ferity s mezerou	Železoprach	KOOL M μ	MPP	HF
DC odolnost	nejnižší	----->			nejvyšší

Tabulka č. 4

Kmitočet **Indukce** **Ztráty [mW/cm³]**

[kHz] [mT] Fe 1 Fe 2 HF KOOL M_μ MPP Ferit 1 Ferit 2

25	25	49	24	14	8	3	2	0,6
	50	200	128	84	27	12	10	3
	100	820	680	480	110	58	47	17
	200				420	276	180	93
	300				950	684		241
	400					1350		
50	25	130	53	32	19	7	6	2
	50	510	280	190	75	30	22	8
	100			1120	300	150	110	41
	200				1200	700		220
100	25	320	120	76	53	19	7	3
	50		610	450	220	87	51	18
	100				830	390	240	100
200	25	830	250	180	150	49	18	7
	50			1050	570	230	110	45
	100					1100		261
300	25		400	290	250	87	35	17
	50				1000	380	200	80
500	25		710	550	500	180	96	51
	50					845		235
700	25		1040			290	200	110
	50							
1000	25							255

Vysvětlivky k porovnávaným materiálům :

Fe 1

Běžný železoprach s $\mu = 75$ [1]

Fe 2

Nejkvalitnější železoprach pro vf oblast s $\mu = 35$

HF, KOOL M_μ, MPP

Materiály s $\mu = 60$

Ferit 1

Běžný výkonový ferit N27, H21 apod. [2]

Ferit 2

Špičkový výkonový ferit N72