

# Odrušovací tlumivky

Ing. Josef Jansa

Význam elektromagnetické kompatibility, sledování nežádoucího rušení elektrotechnických přístrojů a způsoby jeho účinného potlačení byly již na stránkách AR a ST diskutovány vícekrát (viz připojený seznam literatury). Tento článek blíže popisuje funkci a oblast vhodného použití několika nejběžnějších typů jedné ze základních odrušovacích součástí – tlumivky.

Jako příklad vlastností představitelů jednotlivých typů jsou uvedeny grafy odrušovací účinnosti tlumivek vyráběných firmou PMEC Šumperk. Odrušovací účinnost je přitom stanovena jako vložný útlum, zjištěný při zapojení tlumivky do vedení s impedancí 50 Ω (u dvojitých tlumivek je měřeno jedno vinutí). Použitá metodika odpovídá v zahraničí běžně používané normě VDE 0565/2. Tlumivky jsou měřeny bez proudového zatížení.

## Úvod

Rušení obvykle rozdělujeme podle charakteru jeho vzniku a šíření na rušení symetrické a nesymetrické. Zdroj symetrického rušení tato konvence přitom umísťuje mezi fázový a nulový vodič, zdroje nesymetrického rušení pak mezi zmíněné vodiče a zem, případně ochranný vodič.

Pro potlačení obou druhů rušení lze použít odrušovací tlumivky i kondenzátory, a to buď samostatně nebo pro zvětšení odrušovacího účinku ve vzájemné kombinaci. (Nejrůznější typické příklady lze nalézt např. v [1], [4]).

V praxi lze obvykle jen obtížně odlišit, který z obou druhů rušení v daném případě převládá, a proto je odrušení konkrétního zařízení vždy do značné míry experimentální záležitostí, ovlivněnou velikostí rušivých napětí, jejich vnitřní impedancí, četností výskytu, reálnými vlastnostmi použitých odrušovacích součástí apod.

Přestože se pro jednotlivé případy odrušení používají tlumivky různého provedení, je zjednodušeným náhradním zapojením každé tlumivky paralelní obvod LC. Ten je vedle vlastní indukčnosti tvořen parazitními kapacitami mezi jádrem a vinutím a mezi jednotlivými závitů vinutí. Rezonanční kmitočet, při němž je vložná impedance a útlum největší, klesá u dané rozměrové a materiálové řady tlumivek

s rostoucí indukčností. S kmitočtem vyšším než rezonančním se impedance a útlum tlumivky zmenšují, až dosáhnou svého minima na prvním sériovém rezonančním kmitočtu. Při dalším zvyšování kmitočtu lze nalézt poměrně hustě se střídající minima a maxima impedance a útlumu, odpovídající řadě dílčích sériových a paralelních rezonancí. K popisu této části impedance charakteristiky již s jednoduchým LC obvodem nevystačíme. Platí však, že se tlumivka zpravidla používá pouze pro odrušení v oblasti do první sériové rezonance. Pro kmitočty vyšší je nutno použít tlumivku s menší indukčností nebo odrušovací kondenzátory.

## Jednoduché feritové toroidní tlumivky

Toroidy se na rozdíl od všech ostatních používaných jader vyznačují uzavřeným magnetickým obvodem bez jakýchkoliv vzduchových mezer, takže s nimi lze při udržení malých rozměrů snadno realizovat indukčnosti až stovek mH, určené pro širokopásmové odrušení asi do 30 MHz. Vlivem nízké nasycené indukce feritu se však u tohoto provedení již při relativně malých proudtech přesycuje feritový materiál.

Tento typ tlumivky se vkládá do vedení, v němž způsobuje díky své velké indukčnosti velký útlum symetrické i nesymetrické složky rušení, jehož kmitočtový průběh je při dané indukčnosti dán použitým feritovým materiálem, velikostí toroidu a částečně též způsobem vinutí.

Pro zmíněnou nízkou hranici nasycení feritových materiálů lze uvedený typ tlumivky použít jen pro nevykonové aplikace. S výhodou je však tohoto nedostatku využíváno u tlumivek pro odrušení ochranných vodičů, kterými v normálním stavu neteče proud. Tlumivka tak může mít in-

dukčnost potřebnou k tomu, aby účinně zamezila průniku rušení. V případě poruchy začne téci tlumivkou proud, který jádro přesytlí - tlumivka bude mít malou impedanci a zkratuje tak ochranný vodič se zemí.

K výše zmíněnému účelu lze rovněž použít běžně vyráběné dvojité proudové kompenzované tlumivky, jejichž dvě vinutí se spojí do série tak, aby se magnetizační účinky jejich vinutí sčítaly (u běžně používaných pouzder s vývody ve čtvercovém nebo obdélníkovém rastru se spojí vývody ležící v libovolné úhlopříčce). Indukčnost takto vytvořené jednoduché tlumivky se tím zvětší na čtyřnásobek katalogové hodnoty tlumivky dvojité, přičemž její maximálně přípustný trvalý proud se nemění. Hranice, od níž se začne indukčnost tlumivky zmenšovat, je však podstatně nižší. Pro některé běžně vyráběné dvojité proudové kompenzované tlumivky firmy PMEC uvádí následující tabulka orientační hodnoty, které lze při jejich použití jako odrušovací součástky ochranného vodiče očekávat:

Typ	$I_{max}$	$L_s$	$I$
101/V 1m0	2,0 A	4 mH	16 mA
101/V 3m0	1,5 A	12 mH	9 mA
101/V 10m	0,7 A	40 mH	5 mA
102/V 39m	0,5 A	156 mH	4 mA
103/V 5m6	2,0 A	22 mH	15 mA
103/H 39m	0,7 A	156 mH	6 mA

$I_{max}$  - nejvyšší přípustný trvalý proud tlumivkou.

$L_s$  - indukčnost při souhlasném sériovém spojení obou vinutí.

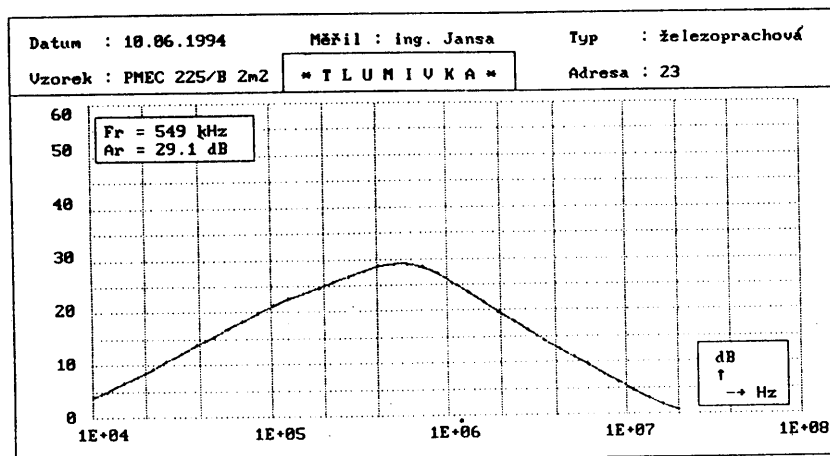
$I$  - mezní proud tlumivkou, při jehož překročení se indukčnost tlumivky zmenšuje.

## Jednoduché železoprachové toroidní tlumivky

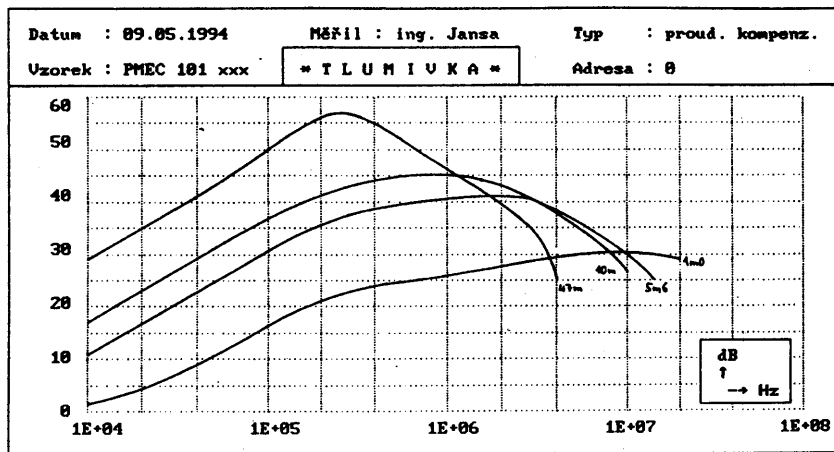
Přístroje, které používají pro výkonové spínání a regulaci tyristory a triaky, produkuje většinou značná rušivá napětí, jejichž kmitočtové spektrum sahá až do oblastí desítek MHz. Pro jejich odrušení se obvykle používají jednoduché tlumivky na toroidních železoprachových jádrech, které nemají základní nečinnost jednoduchých tlumivek feritových – malou vybuditelnost feromagnetického materiálu. Odrušení je v kombinaci s odrušovacím kondenzátorem pro běžné nároky dostačující. Obvyklé indukčnosti jsou řádu stovek  $\mu$ H až jednotek mH. Jako příklad je na obr. 1 odrušovací účinnost tlumivky PMEC 225/B 2m2, která je určena pro odrušení tyristorových a triakových regulátorů až do 450 W. Doporučená odrušovací kapacita je 68 nF.

## Dvojitě proudově kompenzované feritové toroidní tlumivky

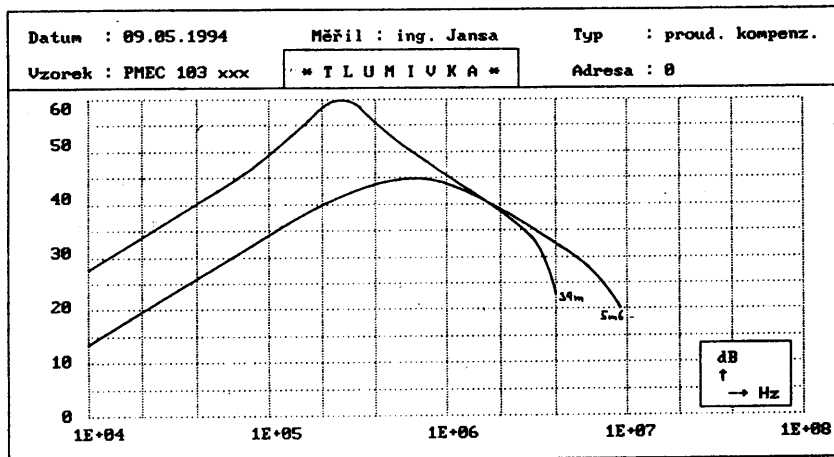
Tyto tlumivky jsou vinuty tak, že se magnetická pole vybudovaná pracovním proudem v jádře navzájem kompenzují a proto jej nepřesycují. Tak lze pracovat s přibližně o dva řády vyššími proudy, než u dvou samostatných feritových tlumivek týchž parametrů. Relativně velká dosažitelná indukčnost tohoto provedení umožňuje značně potlačit nesymetrické složky rušení; potlačení symetrické složky je naopak velmi malé. Je-li třeba odrušit i tuto složku, přidává se kondenzátor s pokud možno velkou kapacitou (podrobněji



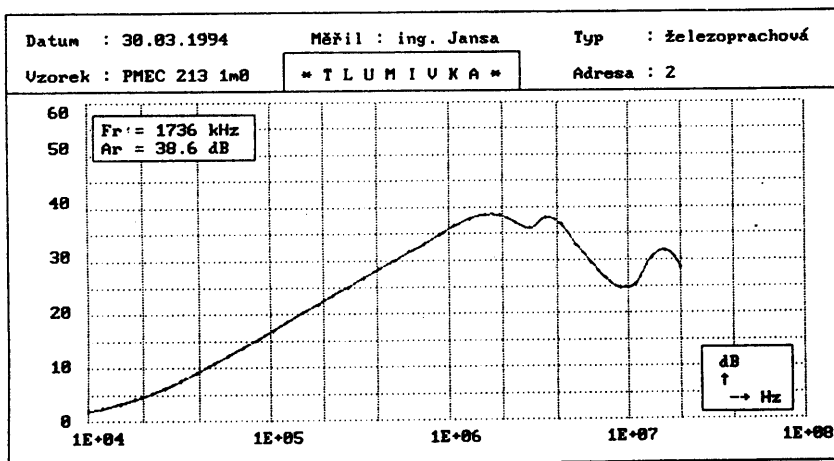
Obr. 1.



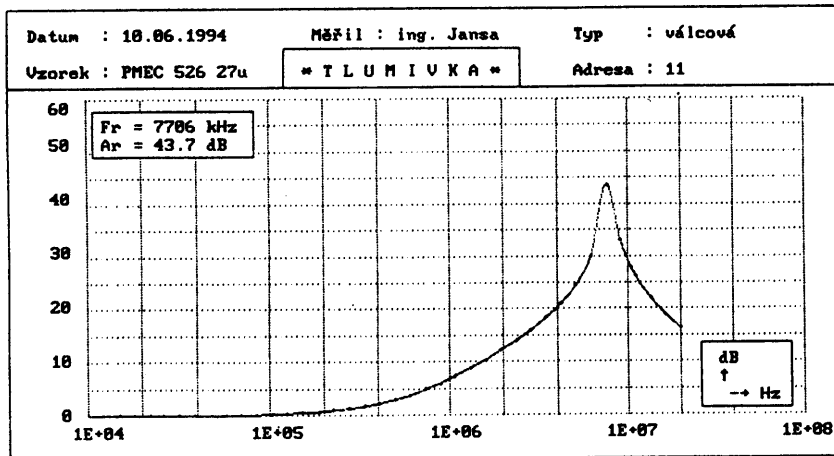
Obr. 2.



Obr. 3.



Obr. 4.



Obr. 5.

vysvětlení funkce viz [1], [2]). Používají se především k odrušení elektrických strojů, elektrických a elektronických spínačů, řídicích a datových vedení, elektrických zařízení automobilů, síťových vedení apod. Velmi účinně rovněž odrušují spínané napájecí zdroje, jako jsou elektronické zářivkové předřadníky, elektronické transformátory halogenových lamp, napájecí zdroje PC a jiných elektronických přístrojů. Dosahované indukčnosti jsou jednotky až desítky mH. Jako příklad jsou na obr. 2 a obr. 3 uvedeny odrušovací účinnosti vyráběných tlumivků P MEC řady 101 a 103.

### Dvojitě železoprachové toroidní tlumivky

Pro úsporu místa a nákladů se někdy dvě jednoduché tlumivky nahrazují dvěma vinutími na společném jádře. Má-li taková tlumivka potlačovat symetrickou složku rušení, je nutno její vinutí uspořádat tak, aby se magnetizační účinky pracovního proudu v jádře sčítaly. Proto se takové tlumivky (mimo speciálních nevykonových aplikací) vinou na jádra železoprachová. Odtud také vyplývá dosažitelná indukčnost řádu jednotek mH. Jako příklad je na obr. 4 uvedena odrušovací účinnost tlumivky P MEC 213/H 1m0 pro proud 0,7 A.

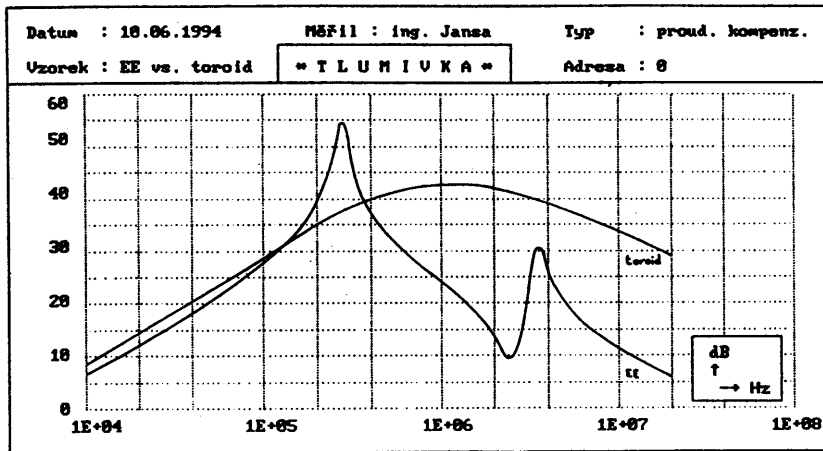
### Válcové tlumivky na feritových tyčinkách

Používají se především pro potlačení rušení jak symetrického, tak nesymetrického v oblasti jednotek až stovek MHz. Otevřený magnetický obvod zajišťuje velkou odolnost proti přesycení, zároveň však zmenšuje dosažitelnou indukčnost, která se pohybuje v oblasti desítek až stovek  $\mu$ H. Dalšími důsledky otevřeného magnetického obvodu jsou značná rozptylová pole, která mohou nepříznivě ovlivnit sousedící součástky, a relativně velké rozměry ve srovnání s tlumivkami toroidními. Používají se např. pro odrušení motorů řady domácích spotřebičů a díky dosažitelné velké proudové zatížitelnosti též jako filtrační tlumivky sekundárních stran spínaných zdrojů. Jako příklad je na obr. 5 uvedena odrušovací účinnost tlumivky P MEC 526/S 27 $\mu$  pro proudy do 5 A na válcovém jádře  $\varnothing$  6 mm.

### Závěr

Nové feritové materiály s velkou permeabilitou, používané pro výrobu proudově kompenzovaných toroidních tlumivků, umožňují spolu s donedávna nedostupnými železoprachovými jádry zlepšit odrušovací účinky filtrů (pro ilustraci viz obr. 6, zachycující odrušovací účinnost dříve běžně používané tlumivky WN 682 08 na jádru EE a srovnatelné tlumivky toroidní). Jako aplikační příklady lze uvést:

- Dvojitě proudově kompenzované tlumivky řady P MEC 101 až 103, které v kombinaci s trojitým kondenzátorem řady TESKA TSK 37 vytváří základní odrušovací filtr, který by neměl chybět na desce s plošnými spoji žádného běžného síťového elektrotechnického přístroje.
- Železoprachovou tlumivku P MEC 225/B 2m2, která po doplnění odrušovacími kondenzátorem 68 nF zabezpečí základní odrušení tyristorových a triakových fázově řízených stmívačů a regulátorů otáček.
- Kombinaci rozměrově shodných tlumivků P MEC 103/H 39m a P MEC 213/H 1m0,



Obr. 6.

s nímiž lze ve spojení s odrušovacími kondenzátory firem TESKA či FILTERA konstruovat velmi účinné univerzální filtry do desek s plošnými spoji pro elektronické přístroje s příkonem do 150 W při zachování rozumných prostorových a cenových nároků.

### Literatura

- [1] Skála J., Skálová A.: Rádiové (kmitočtové) spektrum a jeho ochrana. AR B4/92.
- [2] Jansa J.: Dvojitě proudově kompenzované tlumivky. AR A7/92.
- [3] Karlovský J.: Elektromagnetická slučitelnost. ST 6/91.
- [4] Skála J.: Rušení a odrušování. AR B2/80.
- [5] Havlík L.: Elektromagnetická kompatibilita. AR A11/92.