

MODELS OF EMC FILTERS

Zdeněk Kejík

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xkejik01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Dřínovský

E-mail: drino@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

Basic problems of EMI mains filter is in the measuring of insertion loss of filters. The important problem is uncertainly of the termination impedances. This is motivation of creation filters model. Expanded model of EMI mains filter is created from basic circuit of filter. The description of EMI mains filter is done by modified nodal voltage method. The influence of own components of the filter and spurious parts are also discussed.

1. ÚVOD

Odušovací filtry jsou lineární elektrické obvody, jejichž hlavní funkcí je potlačování vysokofrekvenčního rušení, které se šíří po vedení. Nejčastěji jsou navrhovány jako filtry LC typu dolní propust. Jejich základní vlastností je vložný útlum, který v závislosti na frekvenci tvoří útlumovou charakteristiku. Vložný útlum filtru závisí nejen na obvodovém řešení filtru, ale i na impedančních podmínkách na vstupu a výstupu filtru, které jsou neurčité (na vstupu filtru je impedance napájecí sítě, na výstupu impedance zátěže).

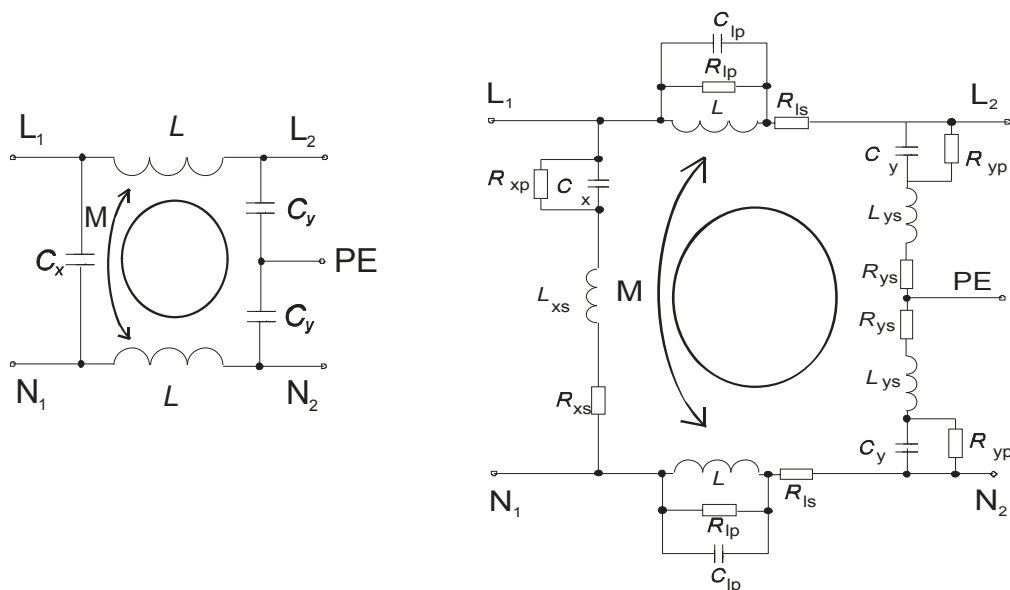
2. ROZBOR

Požadavky na model odušovacího filtru jsou, aby byl použitelný v širokém frekvenčním rozsahu a umožňoval nastavení impedančních podmínek (nedefinování vstupní a výstupní impedance). Široký frekvenční rozsah si vynucuje zahrnutí parazitních prvků filtru, které degradují útlum na vyšších frekvencích. Rozšířením obvodového modelu odušovacího filtru o parazitní prvky vlastních obvodových součástek filtru dostáváme reálný obvodový model odušovacího filtru, který je zobrazen na obrázku 1.

Pro tento reálný obvodový model byly vytvořeny admitanční parametry, které byly dosazeny do vztahů pro útlum filtru v asymetrickém a symetrickém měřicím systému. Výhodou je, že vztahy pro útlum závisí pouze na admitančních parametrech a impedančních podmínkách zdroje a zátěže. Jsou tedy variabilní pro jakýkoli filtr, který je popsán admitančními parametry jako čtyřpól.

2.1. VLASTNÍ OBVODOVÉ SOUČÁSTKY FILTRU

Vlastní obvodové součástky filtru jsou odušovací tlumivky L_p , odušovací kondenzátory C_x , C_y a odpory R . Používají se proudově kompenzované tlumivky. Jedná se o dvě vinutí



Obrázek 1: Obvodový model filtru Schurter 5110.1033.1 a jeho reálný obvodový model.

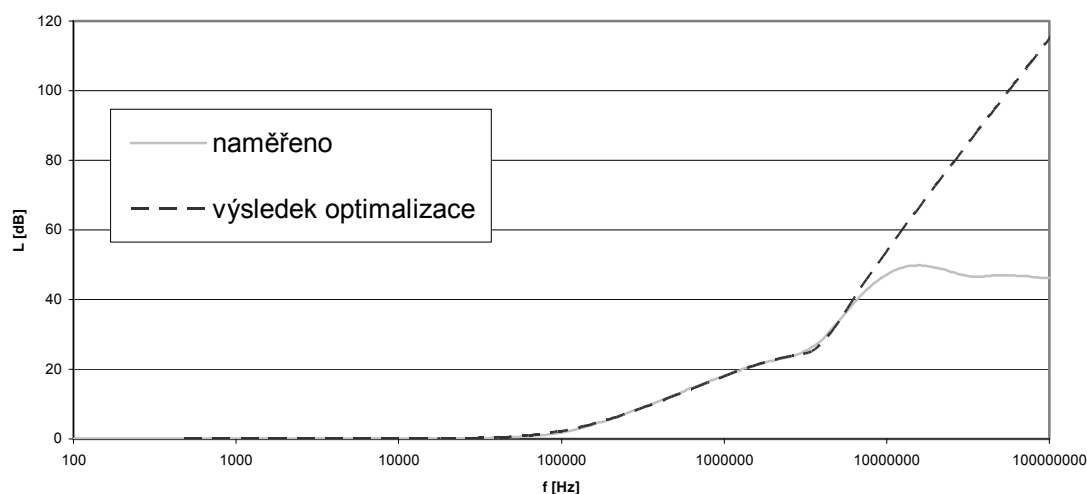
na společném jádře, mezi nimiž existuje vzájemná indukčnost M . Ta je v popisu filtru admitančními parametry zahrnuta pomocí činitele vazby k . Do útlumové charakteristiky promlouvají hodnoty prvků L , C_x , C_y a k . Hodnoty prvků L , C_x , C_y lze s určitou tolerancí nalézt v katalogu, ovšem hodnota činitele vazby k zůstává neznámá.

Pro zjištění hodnoty činitele vazby k a přesných hodnot L , C_x a C_y byla provedena optimalizace založená na inteligenci včelího roje (*Particle Swarm Optimization*) [3]. Byl uvažován čtyřrozměrný prostor řešení. Kriteriační funkce byla založena na sledování rozdílu mezi vypočtenými a naměřenými útlumovými charakteristikami zkoumaného filtru. Útlumové charakteristiky pro symetrický i asymetrický měřicí systém byly porovnávány současně, což je velmi výhodné. K porovnávání charakteristik docházelo pouze v kmitočtovém rozmezí, při kterém se ještě neuplatňovaly parazitní prvky jednotlivých součástek. Počet jedinců a počet opakování byl volen 50 až 100. Kontrolou výsledků optimalizace bylo zobrazení útlumových charakteristik v asymetrickém a symetrickém měřicím systému. Na obrázku 2 je vidět, že do určité frekvence se optimalizované útlumové charakteristiky shodují s naměřenými. Nad touto frekvencí se začínají projevovat parazitní prvky, které zatím nebyly brány do úvahy.

2.2. VLIV PARAZITNÍCH PRVKŮ FILTRU

Parazitní prvky jednotlivých obvodových součástek síťového odrušovacího filtru se začínají projevovat na vyšších frekvencích. V reálném obvodovém modelu (obrázek 1) se jedná o prvky: R_{lp} , R_{ls} , C_{lp} , R_{xp} , R_{xs} , L_{xs} , R_{yp} , R_{ys} , L_{ys} . Modelováním reálného obvodového modelu (příklad pro filtr Schurter 5110.1033.1 je na uveden obrázku 1) byl zjištěn vliv jednotlivých parazitních prvků na útlumovou charakteristiku a byla řádově určena hodnota těchto parazitních prvků. Odporové parazity R_{xp} , R_{yp} , R_{ls} nemají na útlumovou charakteristiku velký vliv, kromě zvýšení útlumu v propustném pásmu. Dominantní vliv mají odporové parazitní prvky R_{xs} , R_{ys} , R_{lp} , a to snížení strmosti nárůstu útlumové charakteristiky na vyšších frekvencích (dle modelu bez parazitních prvků by útlum narůstal do nekonečna). Vliv akumulacních parazitních prvků se projevuje lomy v útlumové charakteristice na vyšších

frekvencích. Lom v útlumové charakteristice nastane, když reaktance akumulárního parazitního prvku převyší reaktanci vlastního akumulárního obvodového prvku.



Obrázek 2: Útlumové charakteristiky pro filtr Schurter 5110.1033.1 v symetrickém měřicím systému.

Integrací vlivu všech parazitních prvků filtru dostáváme průběh, který je podobný naměřeným útlumovým charakteristikám (obrázek 2). Zlomy v útlumové charakteristice mohou být zatlumeny odporovými parazitními prvky, nebo jimi být zcela potlačeny.

3. ZÁVĚR

Vzhledem k problémům, které se vyskytují při návrhu a měření síťových odrušovacích filtrů (neurčitě impedanční podmínky), je potřebné vytvořit modely odrušovacích filtrů, které by byly použitelné v širokém frekvenčním pásmu, a tedy zahrnovaly i vlivy parazitních prvků. Byl objasněn vliv parazitních prvků filtru na útlumovou charakteristiku. K nalezení hodnot těchto parazitních prvků se nabízí použít optimalizaci PSO, stejně jako v případě optimalizace vlastních obvodových prvků filtru. Problém je pro optimalizaci složitý, protože pouze parazitní prvky tvoří devítirozměrný prostor. Průběh útlumové charakteristiky, který obsahuje lokální minima a maxima, ztěžuje nároky na kritériální funkci optimalizace.

LITERATURA

- [1] SVAČINA, J., *Elektromagnetická kompatibilita, principy a metody*. Brno: Vysoké učení technické 2001. „Připojujeme se k Evropské Unii“, svazek 2, 156 stran. ISBN 80-214-1873-7
- [2] DŘÍNOVSKÝ, J.; OLIVA, L. *Modelování vlastností odrušovacích filtrů*. In *Sborník příspěvků konference ZVŮLE 2007*. Brno: FEKT, VUT v Brně, 2007. s. 20-23. ISBN: 978-80-214-3468-4
- [3] ROBINSON, J.; RAHMAT-SAMII, Y. *Particle Swarm Optimization in Electromagnetics*. IN *IEEE transactions on antennas and propagation*, Volume 52, No. 2, February 2004 . pages 397 - 407