

EMC a rušenie v spínaných zdrojoch

¹Irena KOVÁČOVÁ

¹ Department of Theoretical and Industrial Electrical Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Technical University of Košice, Slovak Republic

¹irena.kovacova@tuke.sk

Abstrakt — Spínané zdroje, ktoré spínajú napätie alebo prúd pri vysokých frekvenciách sú potenciálnou hrozbou interferencií a porúch v činnostiach elektronických systémov. Elektromagnetické rušenie, ktoré môžu vytvárať je preto dôležitým predmetom záujmu. Tento dokument poskytuje informácie, dôležité pre pochopenie príčin elektromagnetických interferencií (EMI) v spínaných zdrojoch.

Kľúčové slová — EMC, rušenie, spínaný zdroj

EMC and interference in switching sources

Abstract — Switched power sources that switch high voltage or current are a potential threat of interference and malfunction in electronic system operations. Electromagnetic interference that they can create is therefore an important subject of interest. This document provides information important for understanding the causes of electromagnetic interference (EMI) in switching sources..

Keywords — EMC, interference, switching source

I. ÚVOD

Spínané zdroje sú obľúbené pre svoje výhody vyplývajúce z malých fyzických rozmerov a malých vnútorných strát energie. Nevýhodou je vysoká hrozba generovania elektromagnetických interferencií- EMI do systému, kvôli rýchlo sa meniacim priebehom výstupného napätia a prúdu. Zariadenia preto musia spĺňať požiadavky na elektromagnetickú kompatibilitu EMC, ktorá vlastne deklaruje absenciu EMI.

Prijatá definícia EMI je: *interferencia z jedného druhu elektronického zariadenia na činnosť druhého pomocou prenosu elektromagnetickej energie.*

EMI tvoria tri časti:

- generátor elektromagnetickej energie (zdroj),
- prenosové (väzbové) prostriedky tejto energie medzi zariadeniami,
- prijímajúci obvod, ktorého prevádzka je negatívne ovplyvnená prenášanou energiou.

Interferencie nemôžu existovať, ak odstránime aspoň jednu zo spomenutých častí.

Najvhodnejším prístupom k odstráneniu problémov s rušením je začať hneď pri zdroji a tienenie či oddelenie citlivých a väzbových častí je vhodné realizovať len ak pôjde o poslednú alebo jedínú možnosť.

II. PODSTATA EMI

Základné princípy pre odhalenie EMI sú relatívne jednoduché. Vyžadujú si poznatok, že elektronické rušenie možno indukovať väzbou medzi obvodmi pôsobením buď magnetického

alebo elektrického poľa.

- Tam, kde máme rýchlo sa meniace prúdy, ako je tomu vo vodičoch výkonných spínaných zdrojov môžeme očakávať indukované napätie, spôsobené vzájomnou indukčnosťou, na ostatných vodičoch.
- Tam, kde je rýchla zmena napätia, ako je tomu na výstupe výkonových spínacích tranzistorov môže akákoľvek parazitná kapacita vytvárať indukovaný prúd v inej vetve.

III. ROZDELENIE EMI

Elektromagnetické zdroje možno rozdeliť na zdroje rušenia vo vedení a zdroje, ktoré rušenie prenášajú vyžarovaním. Vplyv rušenia je frekvenčne závislý. Čím vyššia je frekvencia, tým väčší je podiel vyžarovaného EMI, zatiaľ čo pri nižších frekvenciách je rušenie pravdepodobnejšie vytvárané vo vedení. Všeobecne uznaná hranica frekvencie, ktorá rozdeľuje EMI je 30 MHz.

Rušenie vo vedení je relatívne jednoducho zmerateľné, napríklad spektrálnym analyzátorom. Vyžarované rušenie si vyžaduje merať magnetické a elektrické polia vo voľnom priestranstve, čo robí testovanie omnoho komplexnejším. Jeho meranie sa vykonáva v samostatných špecializovaných testovacích inštitúciách, s veľmi presne definovaným a kontrolovaným testovacím prostredím.

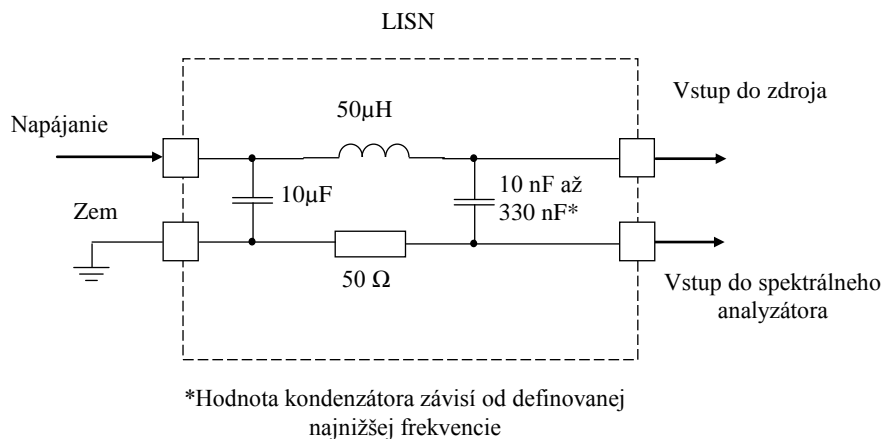
Medzinárodné špecifikácie sú vedené Medzinárodnou elektrotechnickou komisiou (IEC), ktorá zverejnila Normu európskej únie pre vyžarované emisie a CISPR (French-led Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques). V Spojených štátoch je pre kontrolu zodpovedná Federálna komunikačná komisia (FCC). CISPR získava svetové uznanie a svojimi prísnejšími štandardami vytvára tlak na zjednotenie s FCC .

EMI je nízko energetický jav. Špecifikácie pre priame meranie rušenia vo vedení sú teda v dB μ V. Vyžarované rušenie, snímané anténou, je v dB μ V/m. Sú to hodnoty decibelov dávajúcich do pomeru namerané napätie na jeden mikrovolt. Výpočet:

$$dB\mu V = 20 \log_{10} \left[\frac{V}{1.0\mu V} \right] \quad (1)$$

IV. EMI VO VEDENÍ

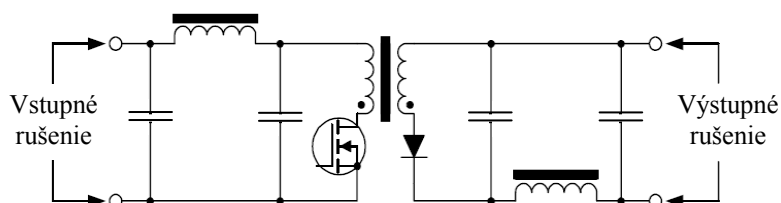
Aby sme mohli sledovať rušenie v elektrickom vedení, zariadenie potrebuje byť oddelené od vysokofrekvenčných rušivých signálov vstupného prúdu pomocou sieťovej impedančnej stabilizácie (LISN), schematicky zobrazenej na nasledujúcom obrázku.



Obr. 1. 120/240V AC, 60Hz obvod LISN. Všetky merania sú voči zemi.

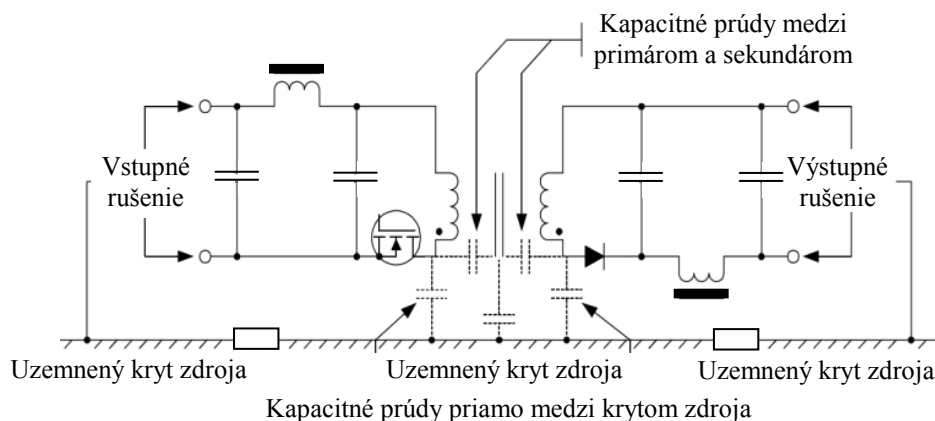
Rušenie vo vedení zo zdroja môže byť ďalej rozdelené do dvoch samostatných režimov prúdu: diferenciálny režim (DM) rušenia, ktorý je meraný medzi napájacím napätím a jeho návratovej cesty a spoločný režim (CM), v ktorom je merané rušenie každého vodiča voči zemi. Tam, kde je to potrebné sa použijú obvody, ktoré oddelia CM a DM signály, avšak špecifikácia ich typicky nerozlišuje.

Práca vnútorných spínacích prvkov spôsobuje rýchle di/dt zmeny diferenčného prúdu, ako na vstupe, tak aj na výstupe zdroja, čo je znázornené na nasledujúcom obrázku. Vzniká zvyškové zvlnenie a spínacie špičky, ktoré v diferenciálnom režime rušenia spôsobujú tok rušivého prúdu obojsmerne, z jedného terminálu dnu a z druhého von.



Obr. 2. Diferenciálny režim (DM) rušenia vytváraný bežnou prevádzkou zdroja pri spínaní.

V spínanom zdroji môžu rýchlo sa meniace napätia prenášať rušenie vplyvom parazitných kapacít voči zemi. Niektoré sú znázornené na nasledujúcom obrázku.



Obr. 3. Spoločný režim (CM), ktorý nastáva pri prechodových dejoch spínania napätia skrz parazitné kapacity voči zemi.

Ďalším problémovým miestom CM rušenia sú parazitné kapacity medzi spínacím prvkom a chladičom, a na transformátore.

V. VYŽAROVANÉ EMI

V každom elektronickom systéme, obzvlášť v spínaných napájacích zdrojoch, môžu byť formy EMI počas svojho generovania a merania transformované medzi sebou aj niekoľkokrát. Ak sa vytvára rušivá energia vo vodiči alebo na vodivej ceste dosky plošných spojov, vzniká elektromagnetické pole, vytvárajúce vyžarované EMI. Ak sa niekde nachádza vzájomná indukčná alebo kapacitná väzba s iným vodičom, vyžiarená energia sa opäť transformuje do rušenia vo vedení, s rozdielom, že v inej časti systému.

Akýkoľvek vodič sa môže stať anténou, a tak môže prijímať aj vysielať vyžarované signály. Meranie vyžarovanej elektromagnetickej kompatibility je teda oveľa zložitejší proces, ako meranie rušenia vo vedení. Testovacie prostredie musí byť veľmi dobre kontrolované, čo vo väčšine prípadov znamená použitie miestnosti, ktorá je kompletne odtienená od RF signálov a odrazov z iných generátorov alebo voľné prostredie s dobre známymi podmienkami. Medzi

dôležité súčasti skúšobných podmienok patrí správny typ antény, jej vzdialenosť a orientácia k zariadeniu počas vykonávania testu, ako aj metóda akou pokryť všetko vyžarované uhly.

Prispievatelia k vyžarovanému EMI môžu byť taktiež rozdelený do dvoch kategórií podľa toho, ako generujú energiu. Energia môže pochádzať z elektrických polí, kde sa na vodivom povrchu generuje dV/dt alebo z magnetických polí, generovaných z di/dt vo vodiči. V prípade zdroja s vysokým napätím a nízkym prúdom bude výsledné pole primárne elektrické, zatiaľ čo pri vysokom prúde a nízkom napätí bude prevládať magnetické pole. Elektrické polia môžu byť relatívne ľahko odtienené pomocou vodivých krytov, kde vodivý materiál eliminuje pôsobenie poľa prevedením na prúd. Samozrejme, že musí existovať cesta pre tento prúd a kryt je preto zvyčajne uzemnený. Bojovať s magnetickými poľami je najjednoduchšie minimalizovaním prúdových slučiek a magnetických polí hneď pri zdroji.

VI. ZÁVER

Napájacia časť je potrebná pre každé elektronické zariadenie. Ak má byť elektronický systém napájaný z elektrickej siete je pre jeho stabilitu potrebný kvalitný napájací zdroj. Spínané napájacie zdroje sú pre svoje výhody používané v súčasnosti čoraz častejšie. Dôležitým aspektom je však ich elektromagnetická kompatibilita. Cieľom tohto dokumentu bolo priblížiť čitateľovi hlavné miesta vzniku EMI, ktorých prehliadanie môže spôsobiť, že elektronický spínaný zdroj nebude spĺňať štandardy EMC.

LITERATÚRA

- [1] Kováčová, I.: *Applied electronics*. 1st. ed. TU Košice, 2015, p. 141, ISBN 978-80-553-1943-8
- [2] Kováčová, I. - Kaňuch, J. - Kováč, D.: *Electromagnetic compatibility of the power electrical engineering systems, Equilibria Publishing, Košice, 2005*
- [3] Kováčová, I. - Kováč, D.: Converter's EMC – parasitic capacitances. *Electronics Letters*, Vol. 5, No.1, 2005, 6 pages.
- [4] Kováč, D. – Kováčová, I. – Kaňuch, J.: EMC z hľadiska teórie a praxe. BEN – technická literatúra Praha, 2006, 208 str.