

Vliv stínění elektromagnetického pole na účinnost systému bezkontaktního přenosu energie

Filip Zrubecký

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

zrubecky@kev.zcu.cz

Effect of Electromagnetic Field Shielding on Efficiency of Wireless Power Transfer System

Abstract – This paper describes the effect of electromagnetic field shielding on the efficiency of series–series wireless power transfer system. First, the principle of the system is described. Afterwards, the shielding is presented and simulated in ANSYS Electronics software. Finally, the shielded system is compared to the non-shielded system.

Keywords – Efficiency; Resonance; Shielding; Wireless Power Transfer.

I. ÚVOD

Odvětví mobilní konzumní elektroniky zaznamenává v současné době velký růst a na mobilní přístroje vznikají velké nároky. Největším omezením těchto přístrojů je kapacita jejich baterie a její dobíjení přímým připojením na síť. Toto snižuje komfort a smysl jejich využívání, což zapříčinilo vyšší zájem bezdrátové nabíjení. Tato technologie má široké využití např. při nabíjení mobilních telefonů, notebooků, elektromobilů nebo i biomedicínských přístrojů.

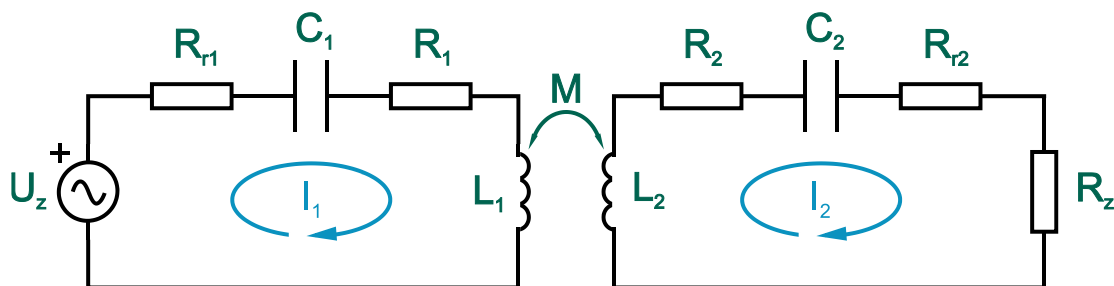
Nejčastější principy bezdrátového přenosu jsou přenos vlivem induktivní vazby a přenos vlivem kapacitní vazby. Přenos kapacitní vazbou je využitelný na velmi malé vzdálenosti a je náročnější na optimalizaci elektrického obvodu. Proto se častěji využívá přenos induktivní vazbou, který je schopen přenést širší škálu výkonů na více vzdáleností.

Tyto systémy vytvářejí vlastní magnetické pole, které má vliv jak na lidské zdraví, tak zejména na ostatní elektroniku. Touto problematikou se zabývá organizace International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), která stanovuje hygienické limity velikosti intenzity magnetického pole. Simulovaný systém pracuje s frekvencí 230 kHz, pro tuto frekvenci je stanovena maximální intenzita pole 80 A/m v pracovním prostředí a 31 A/m při obecném vystavení.

II. SÉRIOVÝ REZONANČNÍ SYSTÉM

Základním předpokladem pro účinný provoz tohoto systému je naladění primárního i sekundárního obvodu do rezonance. V rezonanci se z hlediska elektrických parametrů, chová celý obvod jako činný odpor a zdroj a cívkami protéká nejvyšší možný proud.

Na obrázku níže je ekvivalentní schéma:



Obrázek I. Schéma S–S systému bezdrátového přenosu energie

kde odpory $R_{1,2}$ představují odpory cívek, $C_{1,2}$ ladící kondenzátory a $L_{1,2}$ indukčnosti cívek. Odpor R_z představuje připojenou zátěž a $R_{r1,2}$ radiační ztráty, které jsou ve výpočtech zanedbány.

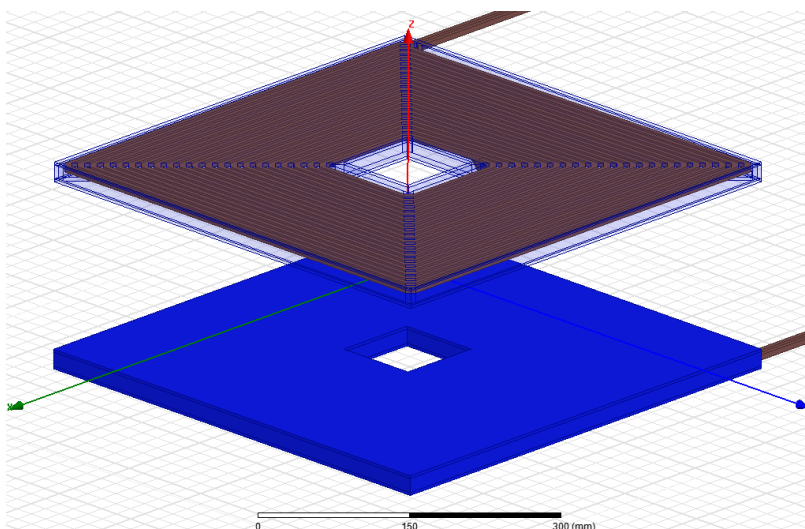
Účinnost rezonančního systému lze ze schématu vyjádřit jako:

$$\eta = \frac{\omega^2 M^2 R_z}{(R_2 + R_z)^2 R_1 + \omega^2 M^2 (R_2 + R_z)} \quad (1)$$

Z rovnice (1) plyne, že pro maximalizaci účinnosti je zásadní co nejvíce snížit parazitní činné odpory. Účinnost také strmě klesá se zvyšující vzdáleností cívek, toto lze kompenzovat laděním zátěže tak, abychom dosáhli při fixní vzdálenosti maximální účinnosti.

III. SIMULACE

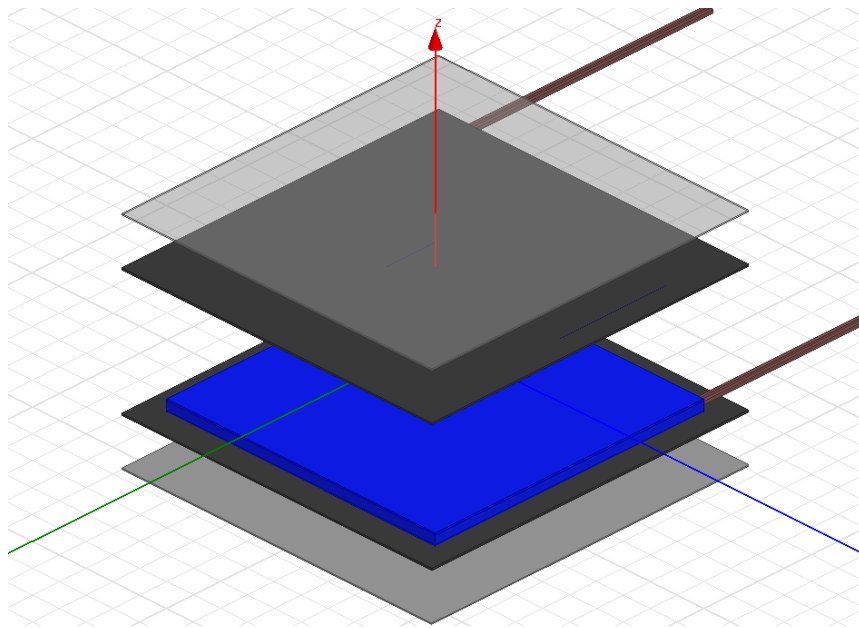
Pro účely simulace byl zvolen model Regionálního inovačního centra elektrotechniky v Plzni. Parametry modelu jsou: $L_1=L_2=147,39 \mu\text{H}$, $R_{1,2}=0,25 \Omega$. Simulace byla provedena v programu ANSYS Electronics a uvažovalo se napájecí napětí $U=1 \text{ kV}$ o frekvenci 230 kHz .



Obrázek II. Simulovaný nestíněný model

Pro stínění byly navrženy ferity s permeabilitou 1350 o rozměrech $30 \times 20 \text{ mm}$ a tloušťkou 3 mm . Ferity byly uvažovány z vnější strany obou cívek a rozloženy rovnoměrně po povrchu s rozstupem 1 mm . Stínění se dále doplnilo o hliníkové desky, které jsou vzdálené 8 cm od cívek, aby měly co nejnižší vliv na jejich indukčnost.

Do hliníkové desky se budou vlivem unikajícího pole cívek indukovat vířivé proudy, jejichž vlastní pole zeslabí pole původní.

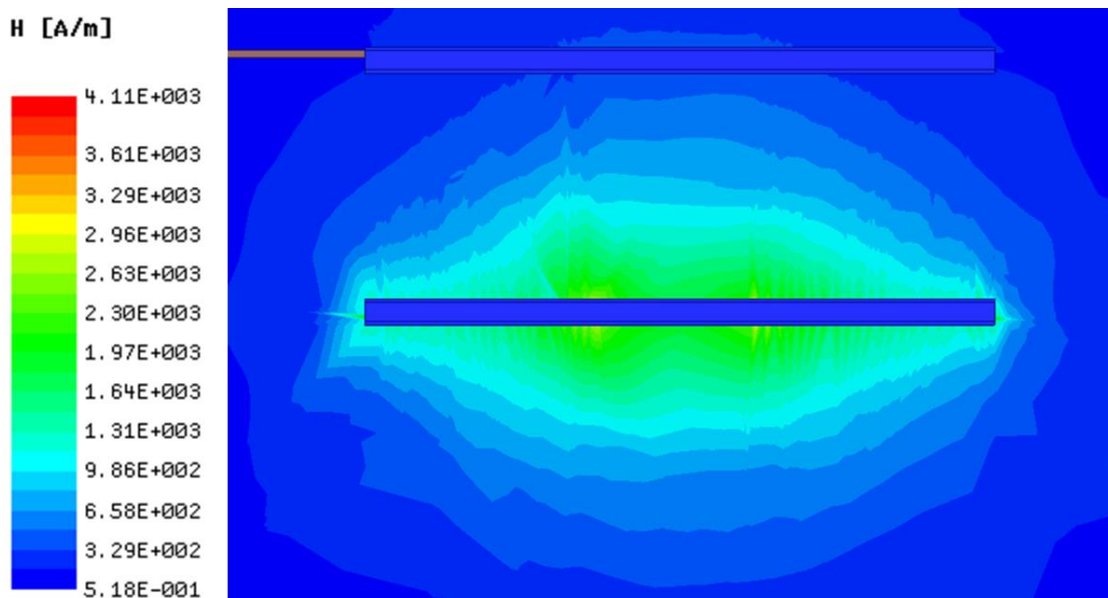


Obrázek III. Simulovaný stíněný model

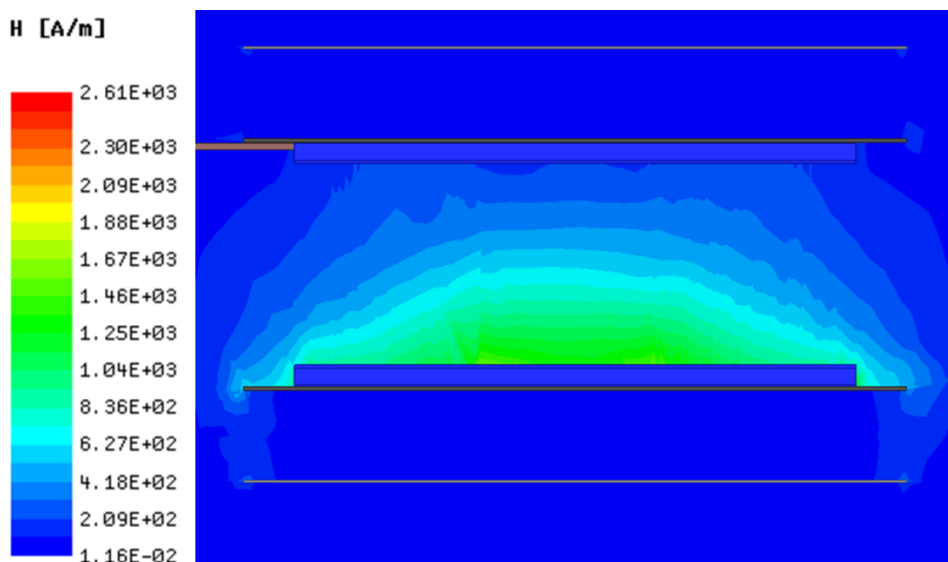
Feritová část stínění se pro účely simulace modelovala jako masivní deska. Pokud by se ferity simulovaly jako jednotlivé kusy, rapidně by se zvýšil čas potřebný pro provedení simulace.

IV. VÝSLEDKY SIMULACE

Na následujících obrázcích je možné vidět velikost magnetického pole cívek v momentě, když primární cívkou prochází nejvyšší proud.



Obrázek IV. Velikost intenzity nestíněného systému



Obrázek V. Velikost intenzity stíněného systému

Velikost intenzity pole okolo nestíněného systému činí až 2,6 A/m. Na obrázku V. je zobrazena intenzita stíněného systému, jejíž velikost za hliníkovou deskou je hluboko pod maximální povolenou hranicí.

TABULKA I. VÝSLEDKY SIMULACE

Systém	η [%]	P_z [W]	P_c [W]	P_c/P_z [%]
Nestíněný	97,99	6068	0	-
Stíněný	99,31	3183	77,79	2,44

kde P_z představuje výkon zátěže a P_c ztráty ve feritech. Z tabulky I. plyne, že účinnost stíněného systému je vyšší, než účinnost systému nestíněného. Tento výsledek je zapříčiněn právě daným modelováním feritů. Ve skutečnosti je možné předpokládat, že účinnost stíněného systému bude nižší, než účinnost nestíněného systému, ale bude se jí blížit. Tomuto napovídá i poměr výkonu zátěže a ztrát ve feritech. V reálném systému se také projeví ztráty v elektrickém obvodu, které není možné zanedbat.

V. ZÁVĚR

Navržené stínění odpovídá maximálním požadavkům organizace ICNIRP na velikost intenzity pole. Účinnost simulovaného, stíněného systému činí 99,31 %. Skutečná hodnota stíněného systému bude nižší, ale bude se účinnosti nestíněného systému blížit, neboť z feritů bude unikat více pole, které bude indukovat větší vířivé proudy do hliníkové desky.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-002: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] ZRUBECKÝ, Filip. *Vliv stínění elektromagnetického pole na účinnost systému bezkontaktního přenosu energie*. Plzeň, 2017. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Vladimír KINDL.