

THE SOURCE OF HIGH-LEVEL CURRENT PULSE

Radek Myška

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-Mail: xmyska01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Drexler

E-Mail: drexler@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This work deals with the design of the source of high-level current pulse. The source is intended to be used for measurement of pulsed current waveforms with extreme parameters.

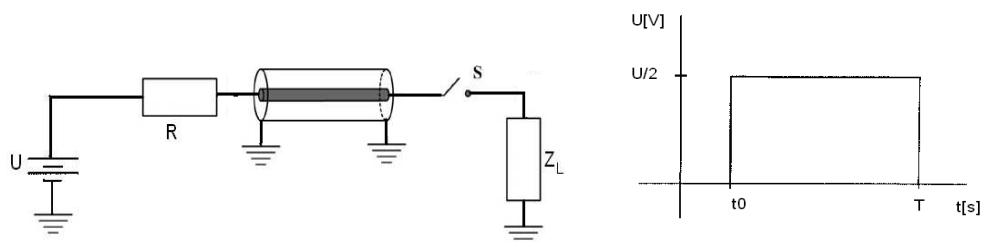
1. ÚVOD

Cílem tohoto příspěvku je seznámení s konstrukčním návrhem zdroje proudového impulsu s jehož pomocí bude možno testovat senzory proudových průběhů s extrémními parametry, ty jsou studovány v souvislosti s potřebou identifikace výkonových elektromagnetických pulsů s krátkou dobou trvání, označované zkratkou EMP (Electromagnetic Pulse), EMP mohou vzniknout např. při jaderném výbuchu (NEMP) nebo při atmosférických výbojích (LEMP) [2]. EMP je charakteristický destruktivními účinky na polovodičové přechody v elektronických součástkách a proto je ochrana před jeho účinky v současné době velmi aktuální.

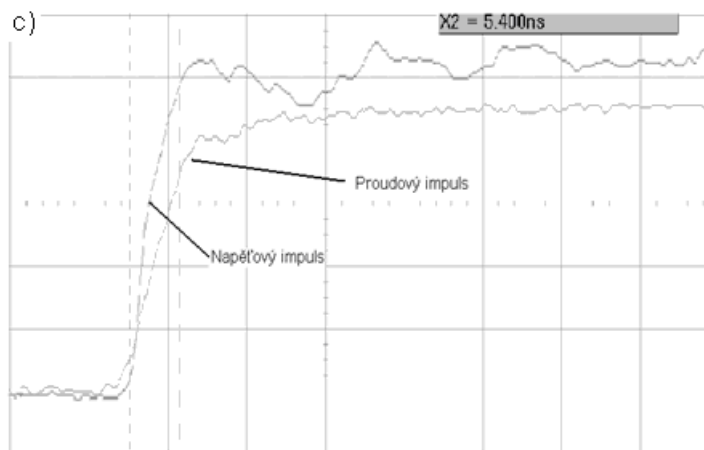
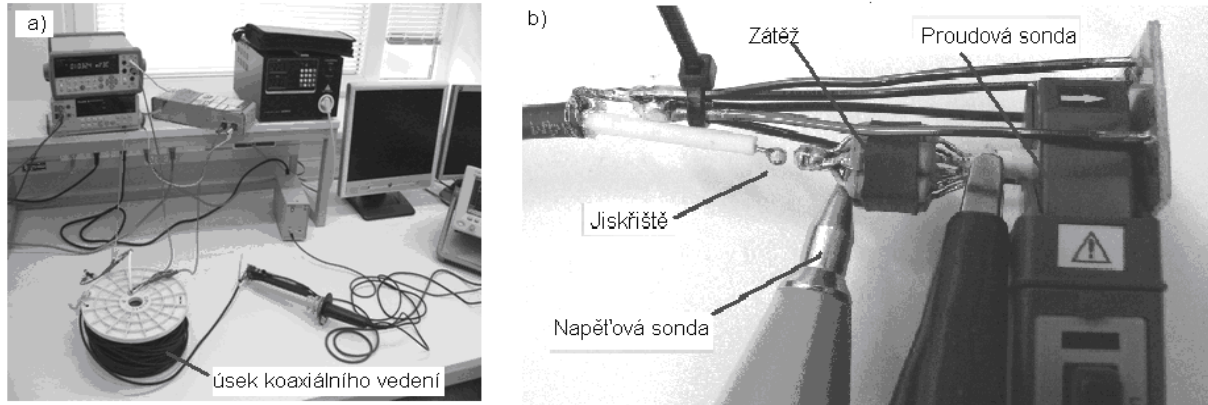
Požadavkem na zdroj je generace proudového impulsu o velikosti tisíců ampér čehož se dá dosáhnout aplikací výstupního napětového impulsu řádově o velikosti desítek kV na přizpůsobenou zátěž. Důležité je také brát ohled na časové relace generovaného proudového impulsu. Doba náběžné hrany by měla pokud možno dosahovat jednotek nanosekund. Bude tak možné testovat i širokopásmové proudové senzory.

2. TVAROVACÍ VEDENÍ

Pomocí tohoto systému se dají vytvářet krátké napětové (proudové) pulsy obdélníkového průběhu. Tvarovací vedení (PFL) je tvořeno souosým vedením délky d a impedancí Z_0 které je přes nabíjecí odpor R připojeno ke zdroji vysokého stejnosměrného napětí, druhý konec koaxiálního vedení je připojen k rychlému spínači, který k němu připojí zátěž Z_L , ta musí být výkonově přizpůsobena k impedanci Z_0 koaxiálního vedení. Připojením zátěže vznikne napětový dělič tvořený charakteristickou impedancí vedení Z_0 a impedancí zátěže Z_L . Na vzdáleném konci vedení (strana zátěže) vznikne napětový skok z U (napájecí napětí) na $U/2$, který se jako vlna šíří zpětně vedením. Na blízkém konci vedení (strana zdroje) dojde k odrazu. Jelikož je vedení připojeno ke zdroji přes odpor velké hodnoty, odráží se vlna jako na otevřeném konci, tj. s opačnou fází a šíří se vedením zpět k zátěži. Na zátěži dojde k odečtení napětového skoku s opačnou fází od napětí $U/2$, které je přítomno na zátěži. Na zátěži tak vznikne pravoúhlý impuls [1].



Obrázek 1: schéma zapojení PFL

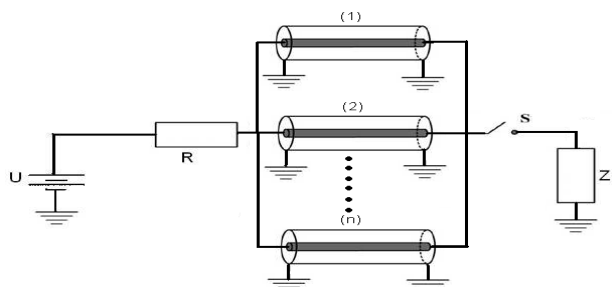


Obrázek 2: a) laboratorní zapojení PFL s koaxiálním kabelem RG 58 ($U_{br} = 10 \text{ kV}$), b) detail připojení napěťové a proudové sondy k zátěži, c) detail náběžné hrany generovaného napěťového a proudového impulsu

Pro realizaci byl vybrán koaxiální kabel typu URM 67 s charakteristickou impedancí $Z_0=50 \Omega$ a s udaným průrazným napětím $U_{br} = 40 \text{ kV}$. Při nabíjení PFL bude použit zdroj s maximálním výstupním napětím 40 kV , na výstupu PFL je tedy očekáván napěťový impuls o velikosti 20 kV při jeho aplikaci na přizpůsobenou zátěž $Z_L=50 \Omega$ bude možno vytvořit proudový impuls o velikosti $I_p = 400 \text{ A}$. Pro testování senzoru je žádoucí generovat impulsní proud v řádu až jednotek kA , proto byla navržena modifikace zapojení s paralelními linkami, kde velikost přizpůsobené zátěže je dána počtem linek podle vzorce.

$$Z_L = \frac{Z_0}{n}, \quad (1.1)$$

kde n udává počet linek. Při použití např. 10 linek bude mít přizpůsobená zátěž velikost $Z_L = 5 \Omega$ a proudový impuls může tak dosáhnout velikosti až $I_p = 4 \text{ kA}$.



Obrazek 5: Schéma zapojení PFL s paralelními linkami

Pro spínání bylo zvoleno jiskřiště které splňuje požadavek na rychlost sepnutí má jednoduchou konstrukci a oproti výkonovým polovodičovým spínacím prvkům je méně finančně nákladné.

Pro realizaci je zvažována konstrukce ve které by bylo zapojeno jiskřiště v každé větvi a to z důvodu menšího proudového zatížení jiskřišť oproti variantě s jedním jiskřištěm. U zapojení s jiskřištěm v každé větvi, ale může nastat problém s nastavením spínacího napětí jiskřišť, které se může u jednotlivých jiskřišť lišit. Kdyby došlo k zapálení některého z jiskřišť dříve nebo později než ostatních dojde k zvlnění nástupné a sestupné hrany impulsu. Proto je velmi důležitá synchronizace sepnutí všech jiskřišť ve stejném okamžiku, toho se dá docílit např. pomocí ultrafialového (UV) záření, kterým se provede fotoionizace vzduchu mezi elektrodami jiskřiště. Ionizací vzduchu se zvýší jeho vodivost a tím dojde k zapálení jiskřiště. UV záření potřebné intenzity by bylo možno vytvořit např. pomocí výkonných UV LED diod nebo UV zářivky.

Další problém při realizaci vystává při výběru zátěže, která nejen že musí být výkonově přizpůsobena k charakteristické impedanci vedení, ale zároveň se musí její impedance co nejvíce blížit ohmickému charakteru s co nejmenší parazitní indukčností, aby nástupná a sestupná hrana impulsu byla co nejstrmější. Pro tento účel byly proměřovány výkonové bezindukční rezistory vyráběné firmou TYCO, které ovšem vykazují na vysokých kmitočtech velkou parazitní indukčnost, z hlediska parazitní indukčnosti se lépe projevují rezistory pro menší výkony, takže by při paralelním zapojení, kdy by se výstupní výkon rozdělil na jednotlivé rezistory, by se takto dala zátěž realizovat. Další možností je využití vodní zátěže, kde voda vytváří odporové medium.

ZÁVĚR

V této práci je popsána metoda generování proudových impulsů pomocí tvarovacího vedení (PFL). Pro dosažení požadovaných parametrů proudového impulsu byla navržena modifikace tvarovacího vedení s paralelními linkami. U tohoto zapojení, ale vystává problém se spouštěním jiskřišť a volbou vhodné zátěže, pro oba tyto problémy byly uvedeny možnosti řešení, kde výběr neoptimalnějších je v současné době předmětem řešení.

LITERATURA

- [1] MANKOWSKI J., KRISTIANSEN M. A Review of Short Pulse Generator Technology. *IEEE Transactions on plasma science*, vol. 28, no. 1, FEBRUARY 2000.
- [2] DREXLER P., *Metody měření ultrakrátkých neperiodických elektromagnetických impulsu: doktorská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2007. 92 s.