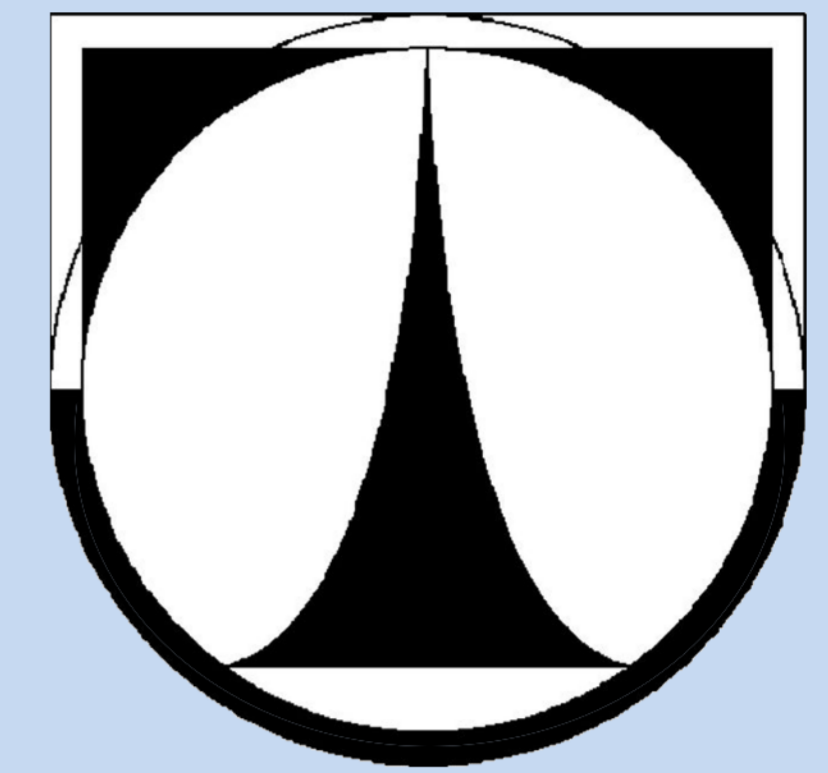


Ovlivnění zapínacího proudu transformátoru materiálem jádra



Bc. Roman Heidler
Ing. Miroslav Novák, Ph.D.
FM, MTI



Abstrakt

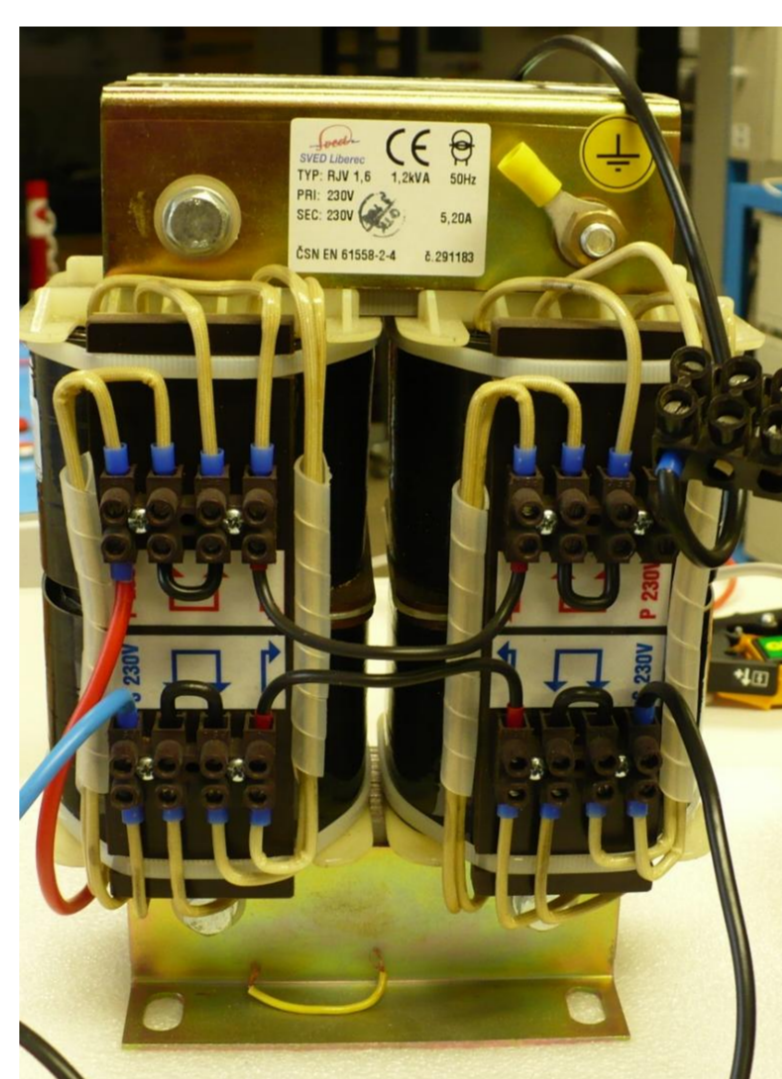
This paper deals with inrush current of transformer, with the power of 1,2 kVA. The inrush current originate when a transformer is connected to net. Designers must use equipments that reduce this inrush current or they must design oversized protection. The second choice could bring a negative effect of safety of designed device. The measurement is analyzed on three types of magnetic core. The map of inrush current of the transformer has been measured with the step of 5° for two values of remanent induction. An influence of coils on inrush current is measured for two different coils. Values of inrush current are measured repeatedly with error determination. Maps of inrush current could be used for their minimization.

Cíl

Změřit vliv magnetické jádra transformátoru na velikost zapínacího proudu pro transformátor o typové velikosti 1,2 kVA. Měření provést pro tři různé magnetické materiály jádra, které jsou běžně vyráběné a používané.

Úvod do problematiky

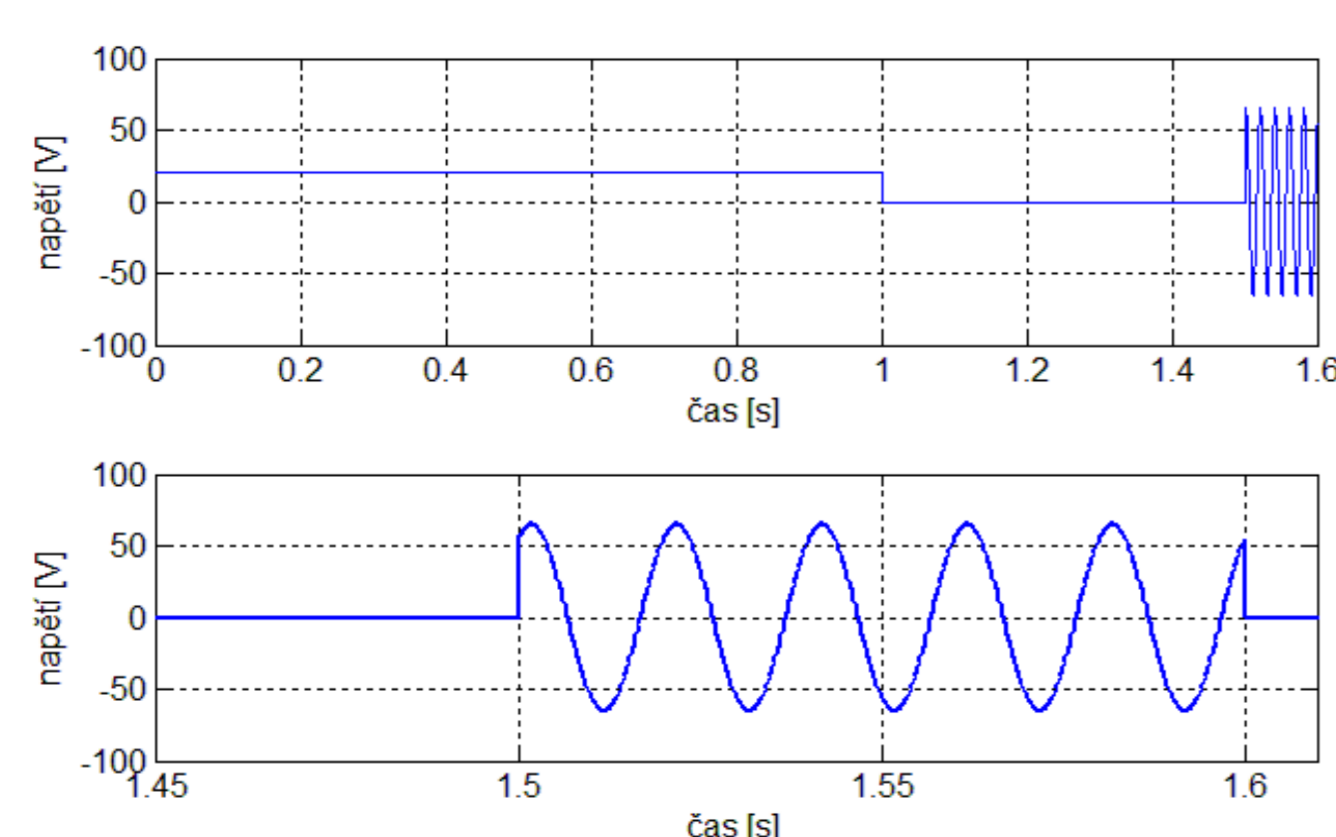
Měření bylo provedeno na jednom typu transformátoru. Měřený transformátor vyrábí firma SVED Liberec a jedná se oddělovací transformátor typu RJV o výkonu 1,2 kVA pro jmenovité napětí na primární i sekundární cívkách 230 V. Jádro transformátoru bylo složeno z UI plechů: M165-35S, M400-50A a M530-50A. Zkoumán byl i vliv cívký na velikost zapínacího proudu a to na cívkách 500 VA a 1200 VA. Motivací k této práci mi byly předchozí výsledky z měření zapínacích proudů transformátoru. Předpokladem bylo, že s rostoucími ztrátami naprázdno klesá velikost zapínacích proudů.



Obr. 1. Měřený transformátor

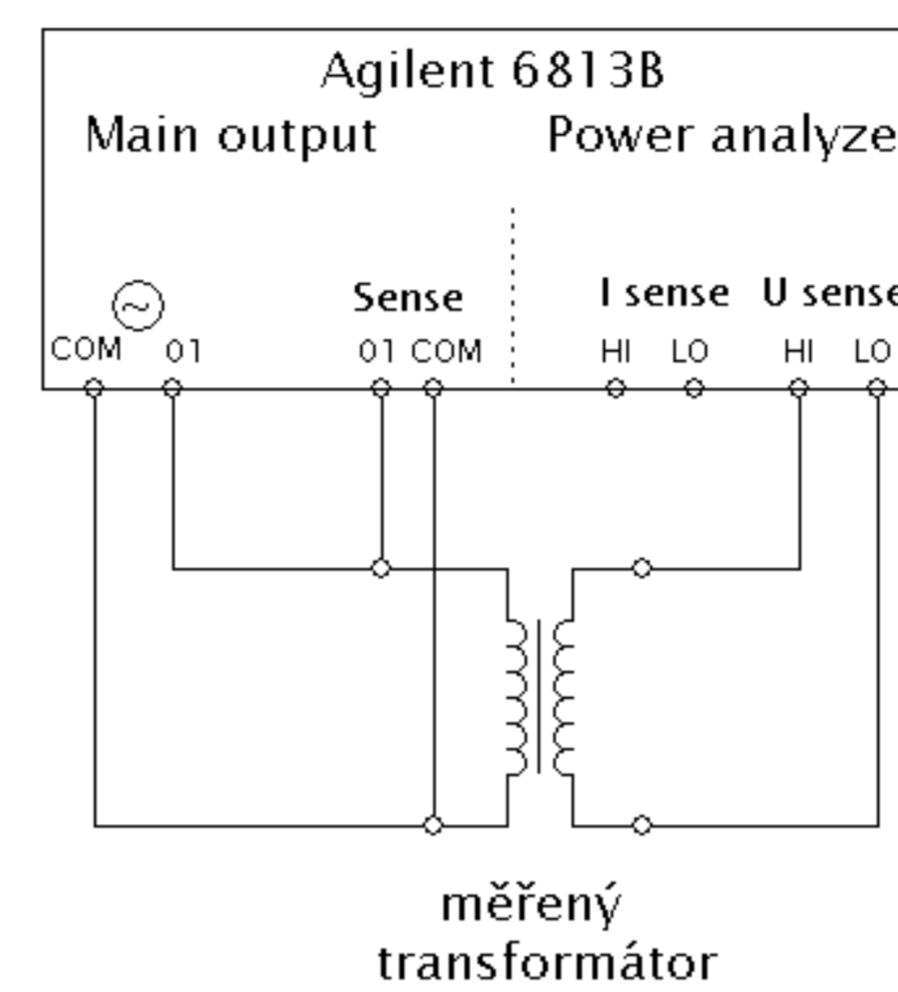
Metodika

Měřicí aparatura pro měření zapínacích proudů je tvořena pouze z programovatelného AC zdroje s analyzátozem Agilent 6813B a měřeným transformátorem (obr. 3). Použitý zdroj má proudové omezení pro opakovatelný pulz 80 A, proto nemohly být mapy zapínacích proudů měřeny pro síťové napětí 230 V. Velikost napětí byla volena podle materiálu jádra tak, aby nebylo překročeno proudové omezení s ohledem na možnost porovnání map zapínacích proudů. Programovatelný zdroj je připojen k rozhraní GPIB, které ho propojuje s počítačem. Zdroj je ovládán pomocí programu Matlab. Měření se pro každé napětí provede 10krát. Velikost zapínacího proudu je změřena v různých úhlech připojení napájecího napětí s krokem 5°. Transformátor je nejdříve 1 s připojený ke stejnosměrnému napětí pro získání definované remanentní magnetizace jádra. Měření je provedeno pro dvě maximální hodnoty remanentní indukce jádra připojením k ± 20 V stejnosměrných následované nulovou hodnotou napětí po dobu 0.5 s.

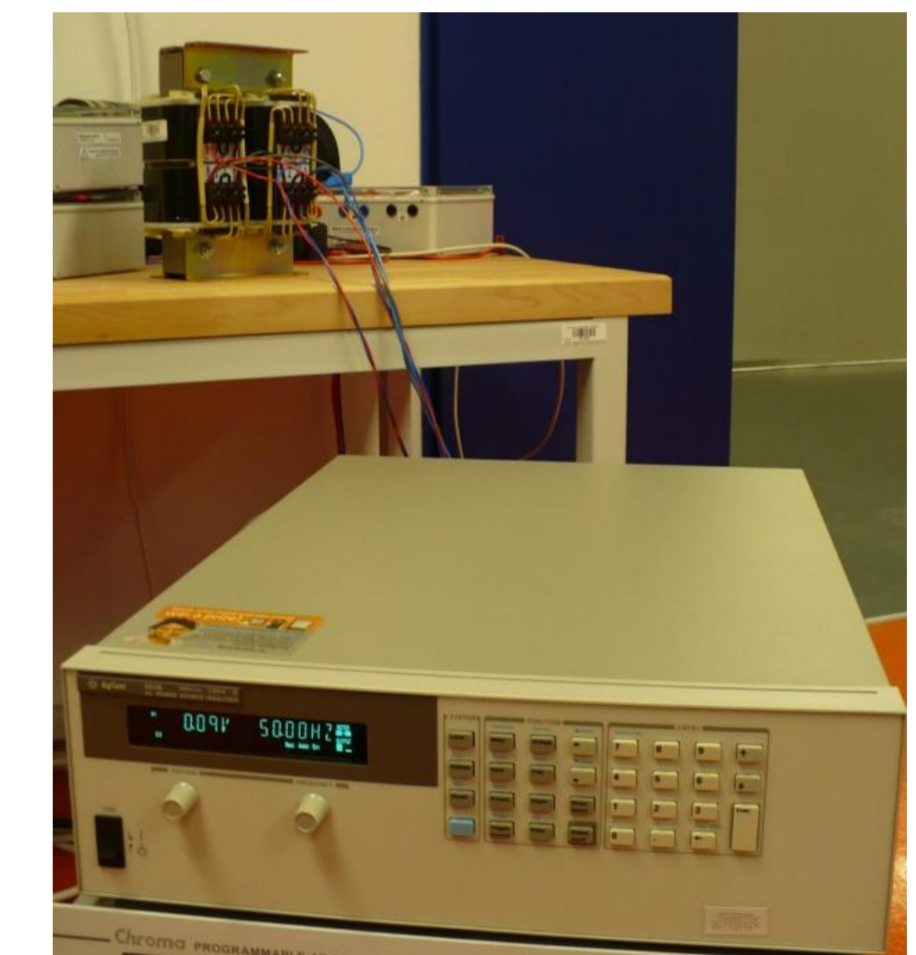


Obr. 2. Příklad generovaného průběhu napětí, nahoře celý průběh, dole detail připojení v požadovaném úhlu

Měřicí aparatura



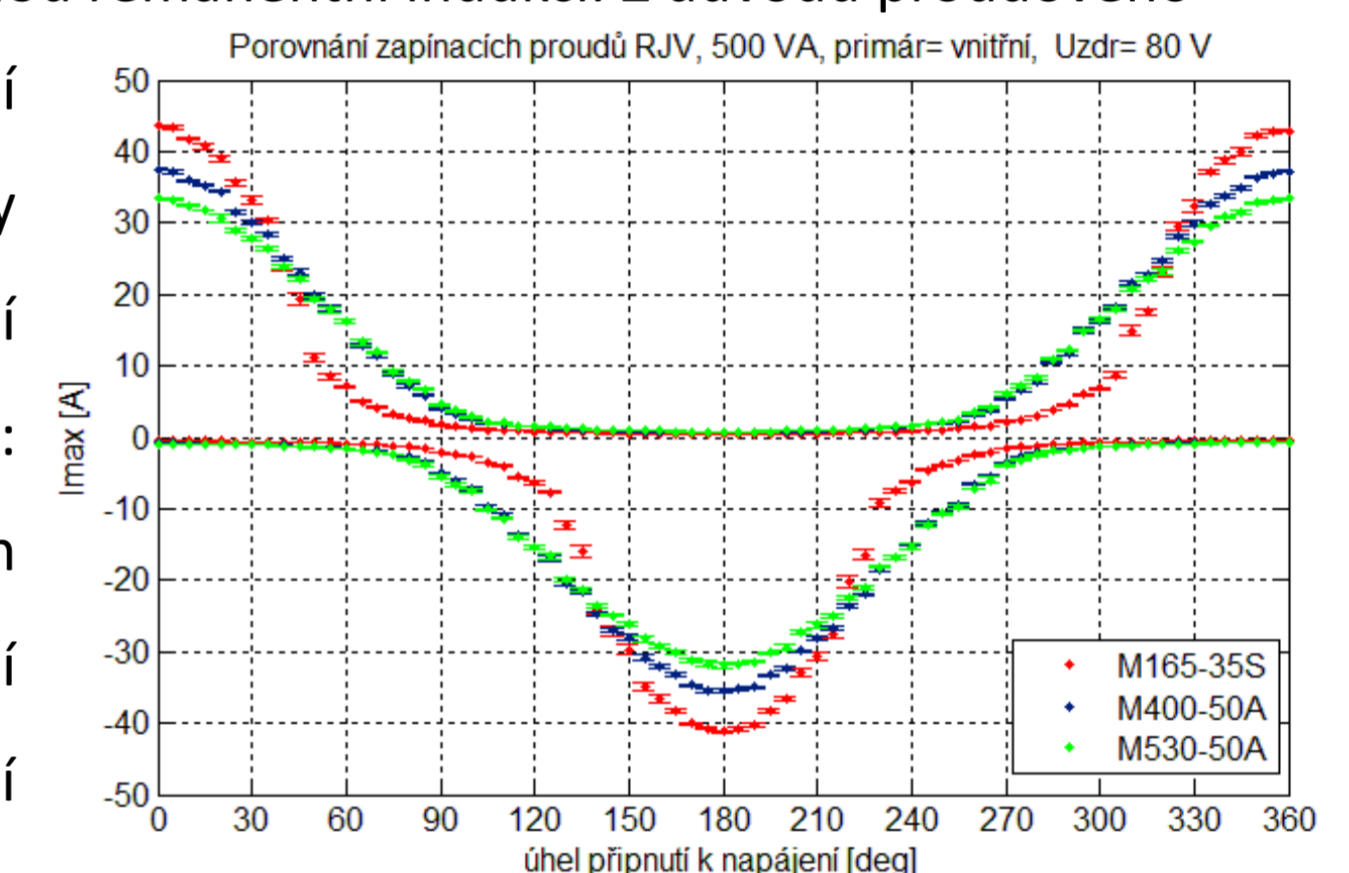
Obr. 3. Měřicí aparatura



Obr. 4. Fotografie měřicí aparatury

Výsledky

Nejvyšší zapínací proud měl transformátor s jádrem M165-35S, který má nejnižší ztráty naprázdno, následovaly materiály M400-50A a M530-50A. Nejvyšší zapínací proud nastává při připojení transformátoru k napětí ve fázi 180° pro maximální zápornou remanentní indukci resp. ve fázi 0° pro maximální kladnou remanentní indukci. Z důvodu proudového použitého analyzátoru jsou zapínací proudy naměřeny pro nižší hodnoty napájecího napětí, než je síťové. Měření jsem provedl postupně pro dvě cívký: 500 VA a 1200 VA. Na transformátorech s cívkou 500 VA jsem naměřil nižší hodnoty zapínacího proudu v porovnání s cívkou 1200 VA.



Obr. 5. Porovnání zapínacích proudů měřeného transformátoru RJV pro 3 typy magnetických plechů, pro primární napětí 80 V, vnitřní vinutí vstupní.

Diskuse a závěr

Hodnoty z naměřených map zapínacích proudů lze uplatnit při konstrukci transformátoru nebo návrhu zařízení pro jeho omezení. Zevrubným prohledáním monografií o transformátorech ani důkladnou rešerší článků odborných periodik se nepodařilo nalézt žádné publikované výsledky. Měření zapínacích proudů bylo zatíženo chybou metody, kterou způsobovala stejnosměrná složka napětí z použitého programovatelného impedančního analyzátoru. Stejnosměrná složka způsobuje nesymetrii map. Dalším možným pokračováním této práce by mohlo být měření zapínacích proudů i pro další používané a vyráběné materiály magnetických plechů. Zajímavé by také bylo porovnání zapínacích proudů klasických a toroidních transformátorů. Přínosné by také bylo provést měření při napájení síťovým napětím.

Reference

- [1] NOVÁK, Miroslav. *Přechodový děj při zapnutí transformátoru, způsoby omezování zapínacího proudu*. [disertační práce]. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003, 393 s. ISBN 80-7083-787-X.
- [2] PATOČKA, Miroslav. *Magnetické jevy a obvody ve výkonové elektronice, měřicí technice a silnoproudé elektrotechnice*. Brno: VUTUIM, 2011. ISBN 978-80-214-4003-6.
- [3] MCLYMAN, Colonel William T. *Transformer and inductor design handbook*. 3rd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, 2004, 1 v. (various pagings). ISBN 08-247-5393-3.

Kontakt

Bc. Roman Heidler
e-mail: r.heidler@seznam.cz