

Ovlivnění zapínacího proudu transformátoru materiálem jádra

Roman Heidler, Miroslav Novák

Abstrakt

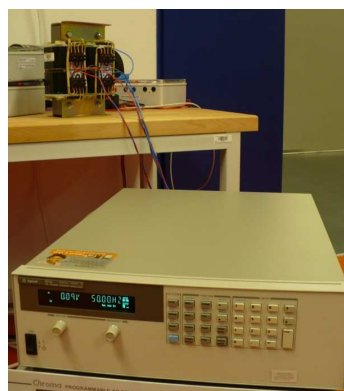
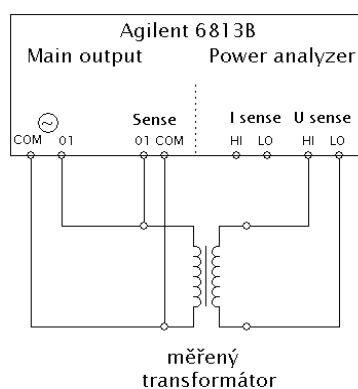
Tento příspěvek se zabývá měřením map zapínacích proudů transformátorů pro tři různé materiály magnetického jádra. Měřené transformátory mají typový výkon 1,2 kVA. Mapy zapínacích proudů transformátorů jsou naměřeny s krokem 5° pro dvě hodnoty remanentní indukce. To odpovídá připnutí transformátoru v různém časovém okamžiku k síti. Tyto mapy lze použít pro návrh zařízení k omezení zapínacích proudů měřených typů transformátorů.

Úvod

Při připojování transformátorů ke zdroji protéká vinutím zapínací proud, který je závislý na konkrétní konstrukci magnetického obvodu, odporu vinutí, okamžiku připojení ke zdroji a impedancí napájecího zdroje. Zapínací proud transformátorů může být i více než 25 násobek proudu jmenovitého. Takto velký proud může vybavit jistící prvky a tím i odpojit transformátor od napájení. V této práci je zkoumán vliv materiálu jádra elektromagnetického transformátoru na velikost zapínacího proudu. Zevrubným prohledáním monografií o transformátorech ani důkladnou rešerší článků odborných periodik se nepodařilo nalézt žádné publikované výsledky. Měření budou provedena na k tomu zhotovených vzorcích transformátorků s výměnnými jádry. Pro měření byl vybrán transformátor RJV o typové velikosti jádra 1,2 kVA firmy SVED Liberec. Měření jsou provedena jako opakovaná a jsou statisticky vyhodnocena.

Experiment a metody

Měřicí aparatura pro měření zapínacích proudů je tvořena pouze z programovatelného AC zdroje s analyzátozem Agilent 6813B a měřeným transformátorem (obrázek 1).

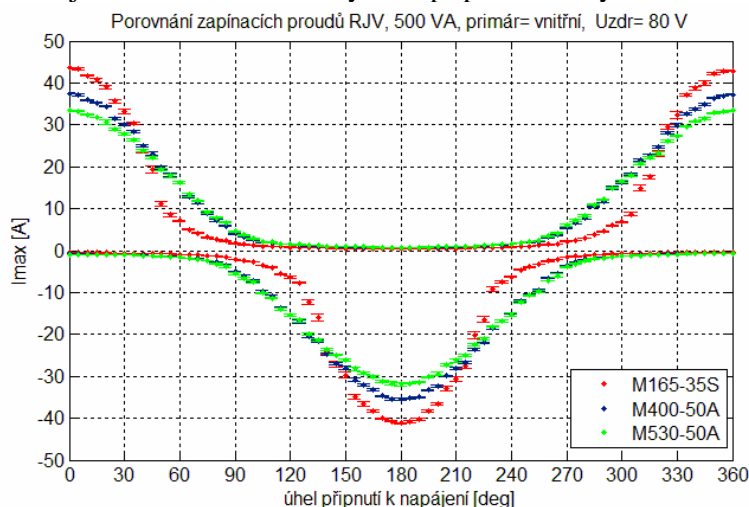


Obrázek 1. Schéma měřicí aparatury pro měření zapínacího proudu a jeho realizace.

Použitý zdroj má proudové omezení pro opakovatelný pulz 80 A, proto nemohly být mapy zapínacích proudů měřeny pro síťové napětí 230 V. Velikost napětí jsem volil 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 jsem ovládal pomocí programu Matlab. Měření se pro každé napětí provede 10krát. Velikost zapínacího proudu jsem změřil v různých úhlech připojení napájecího napětí s krokem 5° . Transformátor jsem nejdříve nechal 1 s připojený ke stejnosměrnému napětí pro získání definované remanentní magnetizace jádra. Měření jsem provedl pro dvě maximální hodnoty remanentní indukce jádra připojením k ± 20 V stejnosměrných následované nulovou hodnotou napětí po dobu 0,5 s.

Výsledky a diskuze

Na obrázku 2 je zobrazeno porovnání naměřených hodnot zapínacích proudů měřeného transformátoru s cívkou 500 VA pro tři materiály jádra transformátoru: M165-35S, M400-50A a M530-50A. V grafu jsou uvedeny zapínací proudy pro primární napětí 80 V a pro vnitřní primární cívkou. 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 připnutí transformátoru k napětí ve fázi 180° pro maximální zápornou remanentní indukci resp. ve fázi 0° pro maximální kladnou remanentní indukci. Z důvodu proudového omezení použitého analyzátoru jsou zapínací proudy naměřeny pro nižší hodnoty napájecího napětí, než je síťové. Měření jsem provedl postupně pro dvě cívkou: 500 VA a 1200 VA. Na transformátorech s cívkou 500 VA jsem naměřil nižší hodnoty zapínacího proudu v porovnání s cívkou 1200 VA. Konstrukteři většinou navrhuji primární cívkou jako vnitřní, tak tomu bylo i v případě měřených cívek.



Obrázek 2. Porovnání zapínacích proudů měřeného transformátoru RJV pro 3 typy magnetických plechů, pro primární napětí 80, vnitřní vinutí vstupní.

Závěr

Hodnoty z naměřených map zapínacích proudů lze uplatnit při konstrukci transformátoru nebo návrhu zařízení pro jeho omezení. 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. Přínosné by také bylo provést měření při napájení síťovým napětím.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2013.

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: VUTIUM, 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.