

Oponentský posudek na doktorskou disertační práci

Autor práce: Ing. Stanislav Mašláš

Název práce: Metody přesného měření nízkých impedancí

Oponent: doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.

Aktuálnost tématu disertační práce

Námět práce odpovídá oboru disertace. Motivace doktoranda na práci ve vybraném tématu pramení v potřebě precizně měřit výkony spotřebičů i zdrojů, které obsahují spínané zdroje či měniče, které jsou zdrojem harmonických složek proudu o frekvencích až stovek kHz. Pro kalibraci měřicí techniky pro oblast měření výkonu, energie a kvality je potřeba kalibrovat přímé proudové vstupy či externí snímače proudu jak z hlediska amplitudy, tak i fáze. V době zahájení řešení disertační práce nebyla k dispozici metrologická návaznost zejména co se fázové chyby týče pro proudové převodníky pro proudy až desítky A. Z pohledu neustále se zvyšujícího počtu výše uvedených spotřebičů a zdrojů v distribuční síti elektřiny a situacím, kdy dosud používané elektroměry splňovaly požadavky na stanovená měřidla, ale nyní v některých případech selhávají a je potřeba jejich kalibrace metrologickou autoritou, je téma disertační práce velice aktuální.

Splnění stanovených cílů disertační práce

Stanovený cíl disertační práce je popsán v kapitole 2. (viz popis kapitoly dále) a po prostudování předložené disertační práce mohu konstatovat, že cíle jsou splněny.

Postup řešení problému, výsledky disertační práce, uvedení konkrétního přínosu studenta

Práce je poměrně obsáhlá, bez přílohy čítá 143 stran, včetně příloh 162 stran.

První kapitola popisuje v současnosti používané etalony nízkých hodnot impedance a metody jejich kalibrace. Jsou popsány etalony čtyřpárové provedení, dvouportové koaxiální provedení, vypočitatelné. Dále jsou popsány metody měření nízkých impedancí. Jsou popsány autobalanční můstky, transformátorové můstky, digitální impedanční můstky, digitální vzorkovací můstky.

Druhá kapitola popisuje stanovený cíl disertační práce: vyvinout a realizovat digitální vzorkovací můstek schopný porovnávat především nízké impedance do 10 Ohm v plné komplexní rovině v kmitočtovém rozsahu minimálně do 1 MHz. Dílčím cílem je vyřešit způsob generování porovnávacího proudu takto: pro frekvence do 100 kHz je předpokládán rozsah proudu do cca 20 A, na kmitočtu 1 MHz proud alespoň 5 A. Dalším cílem je vyřešení kompletní kalibrace můstku, především pak jeho linearita a jeho validace pomocí modelu a měření etalonů známých hodnot.

Třetí kapitola popisuje dosažené výsledky. Jsou prezentovány nové vypočitatelné etalony odporu, které posloužily ke kalibraci digitálního můstku i jako referenční etalony pro vlastní měření. Dále je prezentován

digitální vzorkovací impedanční můstek, jeho varianty pro různé kmitočty a porovnávané etalony. Je popsána realizace speciálního HW jakožto komponent potřebných pro digitální vzorkovací impedanční můstek:

- Fázově spřažené a synchronizované generátory DDA s extrémním kmitočtovým rozlišením na bázi FPGA.
- Zesilovače a transformátory pro frekvence 20 Hz – 100 kHz a 10 kHz až 1 MHz.

Detailně je rozebráno zpracování signálů, prováděné korekce i metody kalibrace můstku. Dále je prezentován model můstku a rozbor nejistot měření. Závěrem je prezentována série validačních měření a mezinárodní porovnání prokazující vlastnosti můstku.

Čtvrtá kapitola je závěr, který shrnuje dosažené výsledky.

Originální přínos spatřuji v celé řadě oblastí:

- Vytvoření, výpočet a ověřením nejistot modelu etalonu impedance.
- Návrh, vytvoření a ověření obvodových řešení pro čtyřpárový digitální vzorkovací můstek pro frekvence nižší do 1 MHz. Zde doktorand projevil schopnosti návrhu, realizace a analýzy řady netriviálních obvodů a elektronických zařízení. Dokázal navrhnout koncepci SW pro řízení můstku a měření. Navrhl a realizoval postprocessing dat z můstku zahrnující i korekci nelinearit a přeslechů.
- Velmi kladně hodnotím oddělení SW pro řízení HW můstku od SW pro měření a zpracování dat umožnilo pro účely validace, ladění a analýzy využít softwarový obvodový simulátor implementovaný v prostředí Spice.

Původní přínos pro další rozvoj vědy a praxi

Disertační práce vykazuje původní přínosné části. Původní přínos spatřuji v detailním popisu modelu etalonu impedance a následném návrhu, realizaci a ověření obvodových řešení pro čtyřpárový digitální vzorkovací můstek pro frekvence do 1 MHz.

Díky výsledkům doktoranda došlo k posunu měřicí schopnosti ČMI v oblasti střídavého odporu v KCDB databázi.

Formální úprava disertační práce a jazyková úroveň

Formální úprava disertační práce i jazyková stránka jsou na vynikající úrovni. Jen občas se vyskytnou drobnosti, které by bylo vhodné formulovat trochu jinak. Namátkou uvádím pár příkladů:

- str. 68 „megahertz“, raději MHz
- str. 69 „kapacitních vazeb primár-sekundár“ raději „kapacitních vazeb mezi primárním a sekundárním vinutím.
- str. 71 jednotky Sa/s, raději S/s, jak uvádí i výrobce digitizéru
- Nejednotnost terminologie: například str. 61 termín „diferenční“ i „diferenciální“, dále str. 71 v textu diferenční režim můstku a na obrázku 3.44 termín „rozdílový“
- str. 134 věta před tabulkou Tab 3.5 je dokončena až notný počet tabulek níže.

Disertační práce podmínky uvedené v § 47 odst. 4*) zákona č. 111/1998 sb. o vysokých školách splňuje.

(Studium se řádně ukončuje státní doktorskou zkouškou a obhajobou disertační práce, kterými se prokazuje schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu nebo vývoje nebo k samostatné teoretické a tvůrčí umělecké činnosti. Disertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.)

Vyjádření k publikacím studenta

V bodovém hodnocení tvůrčích aktivit doktoranda je uvedeno celkem 23 publikací v letech 2014-2019, kde je doktorand převážně prvním autorem. Všechny publikace jsou tématem zaměřeny na oblast metrologie elektrických veličin. Mohu konstatovat, že jádro disertační práce bylo publikováno na dostatečné úrovni.

Dotazy k obhajobě

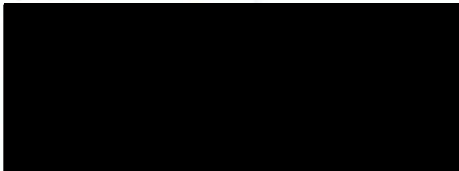
Popište reálnou aplikaci ověřeného etalonu ke kalibraci elektroměru v práci zmiňovaných stavech, kdy elektroměr, jako stanovené měřidlo selhává.

Závěrečné vyjádření

Disertační práce svou odbornou úrovní, formou a rozsahem výrazně převyšuje většinu obdobných prací, se kterými jsem se v průběhu své akademické kariéry setkal. Konstatuji, že úroveň je vynikající i optikou náhledu na habilitační práci.

Doktorand prokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a práce splňuje a výrazně převyšuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

V Ostravě 04.03.2021



doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.