

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE ING. IVANA MATULJAKA

NÁZEV DISERTAČNÍ PRÁCE: **MODERNÍ SYSTÉMY KOMPENZACE ZEMNÍCH PORUCH
V ROZVODNÉ SOUSTAVĚ S VYUŽITÍM VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

OBOR DISERTACE: **ELEKTRONIKA**

OPONENT: **PROF.ING. PETR CHLEBIŠ, CSC.**

PRACOVÍŠTĚ OPONENTA: **VŠB- TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA,
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY,
KATEDRA ELEKTRONIKY**

Ing. Ivan Matuljak zpracoval disertační práci s názvem „Moderní systémy kompenzace zemních poruch v rozvodné soustavě s využitím výkonové elektroniky“. Posudek této práce jsem zpracoval na základě žádosti děkana Elektrotechnické fakulty ZČU, zasláný mi pod značkou DFL/Le/13. Oponentní posudek hodnotí disertační práci Ing. Ivana Matuljaka z následujících hledisek.

ZHODNOCENÍ VÝZNAMU DISERTAČNÍ PRÁCE PRO OBOR

Zajištění provozuschopnosti energetických sítí je v kontextu zajištění spolehlivosti dodávek elektrické energie jeden ze stěžejních cílů současné energetické politiky ČR. Sítě s izolovaným uzlem tvoří významnou součást sítí vn. V tomto smyslu je tedy řešení problematiky potlačování účinků poruchových stavů v izolovaných sítích nesmírně záslužnou činností. Důležité je také využití možností, které pro řešení uvedeného tématu nabízí oblast výkonové elektroniky. Využití polovodičového měniče (střídače) v koncepcích navrhovaných doktorandem poskytuje kvalitativně nové možnosti při kompenzaci zemních poruchových proudů v izolovaných sítích. Významný přínos pro obor také spočívá v tom, že práce opustila velice časté „teoreticko-simulační mantinely“ a nabídla konkrétní reálné řešení ověřené na laboratorním prototypu zařízení. Získané výsledky jsou proto snadno a rychle přenositelné do praxe.

Samotný výběr tématu řešení kompenzace poruchových proudů v izolovaných sítích s využitím polovodičového měniče je velice chvályhodný. Netradiční pojetí práce dosvědčuje také celkem 8 položek ochrany duševního vlastnictví v seznamu autorových publikací.

Význam disertační práce považuji proto za zásadní jak pro obor elektroenergetiky, zejména v oblasti provozu distribučních sítí vn, tak pro obor výkonové elektroniky, kterému práce otevírá novou aplikační oblast výkonových polovodičových měničů. Přínos takto mezioborově koncipované práce je proto nezpochybnitelný.

VYJÁDRĚNÍ K POSTUPU ŘEŠENÍ PROBLÉMU, POUŽITÝM METODÁM A SPLNĚNÍ URČENÉHO CÍLE

Z pohledu obsahu práce lze řešení rozdělit do tří oblastí. V úvodních kapitolách disertant stručně analyzuje současný stav a stávající metody kompenzace poruchových zemních proudů v izolovaných sítích včetně shrnutí základních problémů, které stávající stav vykazuje. Další část práce se zabývá návrhem topologie zdroje pro kompenzaci poruchových proudů,

algoritmy jeho řízení formulace a návrhem laboratorního prototypu. Závěr práce pak tvoří kapitoly spojené s ověřováním vlastností jednotlivých řešení a metod. Dílčí problémy byly ověřovány s využitím numerických simulací.

Takto zvolený postup odpovídá obecně užívaným metodám výzkumné práce, protože získané výsledky na laboratorním prototypu jsou reprodukovatelné a prakticky aplikovatelné. Metodologicky proto práci nelze nic vytknout.

Na str. 24 jsou stanoveny Cíle práce spočívající zejména v

- návržení vhodné topologie nového zařízení pro kompenzaci zemních poruchových proudů v izolovaných a neúčinně uzemněných rozvodných soustavách,
- návrhu řídicích algoritmů pro navrženou topologii,
- vytvoření laboratorního prototypu a
- experimentálním ověření celého řešení.

Všechny stanovené cíle byly v plném rozsahu splněny.

STANOVISKO K VÝSLEDKŮM DISERTAČNÍ PRÁCE A K PŮVODNÍMU KONKRÉTNÍMU PŘÍNOSU PŘEDKLADATELE DISERTAČNÍ PRÁCE

Vzhledem k tomu, že řešení disertační práce se zabývá velice moderním způsobem kompenzace zemních proudů, považuji výsledky ve formě souboru měření na experimentálním prototypu za velice cenný. Využití řídicí metody vycházející z aplikace vektorového řízení jak v rotujícím souřadném systému, tak ve stojícím souřadném systému s využitím PR regulátoru. Tyto algoritmy jsou začleněny do soustavy nadřazených algoritmů sledování a diagnostiky sítě. Právě návrh této struktury a algoritmů řízení považuji za původní a konkrétní přínos práce doktoranda. Tento přínos je také podložen již zmiňovanými osmi přihláškami ochrany duševního vlastnictví, což jej činí nezpochybnitelným.

VYJÁDRĚNÍ K SYSTEMATICE, PŘEHLEDNOSTI, FORMÁLNÍ ÚPRAVĚ A JAZYKOVÉ ÚROVNI DISERTAČNÍ PRÁCE

Práce systematicky řeší jednotlivé části zhruba v pořadí stanovených cílů, což ji činí srozumitelnou a přehlednou. Poněkud méně přehledná je díky velkému množství výsledků pouze kapitola shrnující výsledky simulací a měření na prototypu. (str.85 – 114 s průměrně šesti obrázky průběhů na stránku). Na druhé straně však svědčí o důkladném propracování problematiky doktorandem.

Celková formální úprava práce je na velice dobré úrovni, pozitivně hodnotím i vyjadřovací schopnosti doktoranda. Za velmi drobný nedostatek považuji stranově obrácená schémata např. obr. 5.3, 5.5 aj. , které využívají málo obvyklou konvenci průchodu signálu obvodem zprava doleva. Je to zřejmě dáno návazností na základní schéma na obr. 5.1. Jestliže je součástí výsledků disertační práce laboratorní prototyp, bylo by zřejmě v práci vhodné (zřejmě asi v kap.8) doplnit alespoň minimální obrazovou dokumentaci o realizovaném prototypu.

Celkově však považuji práci za formálně velice kvalitní.

VYJÁDRĚNÍ K PUBLIKACÍM STUDENTA

Publikační činnost studenta je shrnuta v disertační práci na str. 126-127. Seznam čítá celkem 8 titulů vztahujících se k ochraně duševního vlastnictví a dále 11 publikačních titulů většinou

z konferencí a seminářů. Předpokládám, že příspěvky z konference IECON 2013 z Vídně budou následně indexovány v databázi IEEE Xplore. Zejména položky vztahující se k ODV jsou však již dostatečné pro zajištění velice hodnotné publikační činnosti doktoranda. Zejména z tohoto důvodu proto hodnotím publikační činnost jako nadprůměrnou.

PŘIPOMÍNKY A DOTAZY K OBHAJOBĚ

1. V práci je často používán termín „řízený zdroj proudu“ (např. obr. 5.3 str. 29) Lze uvedenou konfiguraci skutečně považovat za zdroj proudu ve smyslu základního elektrotechnického názvosloví?
2. Dynamika chování soustavy s napěťovým střídačem je silně závislá na velikosti stejnosměrného napájecího napětí střídače. V kap. 5.2.4 byla vypočtena a následně zvolena tohoto napětí 450 V. Proč byla v kap. 8 na str. 98 zvolena hodnota 600 V a jak se to projevilo na kvalitě výsledků?
3. Upřesněte prosím technické parametry experimentu na str.98 tabulka dole. Co je napájecí síť? Je jednofázová, nebo trojfázová, k čemu se vztahuje napětí sítě 100 V?

VYJÁDRĚNÍ OPONENTA, ZDA DOPORUČUJE ČI NEDOPORUČUJE DISERTAČNÍ PRÁCI K OBHAJOBĚ

Vzhledem k vynikající úrovni disertační práce, vysoké disertabilitě tématu, přínosu pro obor i prokázání dobré úrovně zvládnutí teoretických i praktických metod vědeckého bádání, disertační práci Ing. Ivana Matuljaka s názvem „Moderní systémy kompenzace zemních poruch v rozvodné soustavě s využitím výkonové elektroniky“

doporučuji k obhajobě

a v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb. o vysokých školách, doporučuji po úspěšné obhajobě udělit titul Ph.D.



prof. Ing. Petr Chlebiš, CSc.
VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

V Ostravě dne 15.11.2013



Oponentský posudek disertační práce

Autor: **Ing. Ivan Matuljak, ZČU - FEL**

Název práce: **Moderní systémy kompenzace zemních poruch v rozvodné soustavě s využitím výkonové elektroniky**

Oponent: **Ing. Tomáš Salon, Ph.D.**

U Hostavického potoka 727/13

198 00 Praha 9

Tel.: +420 731 552 797, E-mail: tomas.salon@email.cz

Tento oponentní posudek hodnotí disertační práci Ing. Ivana Matuljaka z následujících hledisek:

1) Aktuálnost řešeného tématu a jeho význam pro praxi a rozvoj vědního oboru

Disertační práce Ing. Ivana Matuljaka se zabývá problematikou kompenzací zemních poruch v rozvodné síti s využitím výkonové elektroniky.

Tradiční princip kompenzace zemních poruch v rozvodných soustavách pomocí Petersonovy tlumivky v uzlu transformátoru je poměrně stará záležitost, dodnes používaná. V rámci technického vývoje byla provedena řada vylepšení. Z nich bych ve stručnosti jmenoval inovativní přístupy ve způsobu řízení tlumivek, a především kompenzace zemních proudů tlumivkami v jednotlivých fázích soustavy namísto tlumivky umístěné v uzlu napájecího transformátoru. Stále se však většinou jednalo o (nazvěme je „pasivní“) metody, odvozené od základního kmitočtu soustavy (50 Hz).

Předložená práce se zabývá „aktivní“ kompenzací zemních poruch založených na injektáži proudu sloužícího primárně ke kompenzaci zemních poruch pomocí frekvenčního měniče. Použití frekvenčního měniče pro vytváření injektovaného proudu vytváří ve srovnání s tradičními metodami mnohem větší možnosti. Použití měniče umožňuje (s vhodným řízením) generovat různé průběhy proudu a umožňuje tak potlačovat nejen poruchové proudy první harmonické, ale i harmonické proudy vyšších řádů, a tím přispívá k dokonalosti potlačení poruchového proudu.

Toto téma tedy otevírá nové možnosti v oblasti kompenzace zemních poruch v elektrických soustavách.

2) Přínos disertační práce

a) Cíle disertační práce a jejich splnění

Cílem posuzované disertační práce bylo vytvoření nového zařízení pro kompenzaci zemních poruchových proudů v izolovaných, resp. neúčinně uzemněných soustavách, založené na aplikaci výkonové elektroniky.

Pro dosažení tohoto cíle bylo nutné nejprve navrhnout optimální topologii zdroje proudu, následovanou návrhem algoritmu řízení a regulace. A to jednak algoritmy pro řízení zdroje samotného, ale taktéž neméně důležitým je i algoritmus získání požadované hodnoty injektovaného proudu, který slouží jako vstupní veličina pro řízení zdroje proudu a má zaručit dosažení optimálních výsledků.

Toto bylo následováno návrhem pro stavbu prototypu, simulacemi navrženého řešení a dále detailním ověřením navrženého řešení na laboratorním prototypu.

b) Výsledky disertační práce, dosažené nové poznatky a jejich přínos pro praxi a rozvoj vědního oboru

Jako hlavní přínos této disertační práce vidím v komplexním zpracování velmi inovativního řešení kompenzace zemních poruch v elektrických soustavách, které JE v praxi využitelné.

Autor provedl podrobnou teoretickou analýzu řešení včetně porovnání sub-variant. Výsledky potom ověřil nejen simulacemi, ale (což považuji za zásadní) i experimentálními výsledky na laboratorním modelu. Jak výsledky simulací, tak experimentální výsledky jednoznačně dokazují kvality předloženého řešení (včetně porovnání jednotlivých sub-variant řízení).

Kromě praktických znalostí problematiky prokázal autor velmi dobré teoretické znalosti nejen problematiky kompenzace zemních poruchových proudů, ale také algoritmů řízení výkonových měničů.

Předložená práce přináší ucelené řešení, které je po nezbytných modifikacích připravené na nasazení do praktického provozu. Zároveň v práci vidím další potenciál pro další vývoj a výzkum navazující na zde předložené řešení.

3) Zpracování disertační práce

V prvních čtyřech kapitolách autor shrnuje současný stav v řešené oblasti, která vychází nejen z literatury, ale taktéž z jeho vlastní odborné praxe.

Vlastní řešení začíná pátou kapitolou, která je věnována návrhu optimálního řešení topologie proudového zdroje a návrhu parametrů výkonového obvodu. V kapitole 6 jsou potom podrobně rozebrány algoritmy řízení a regulace. Kapitola je přehledně a logicky rozdělena do jednotlivých „funkčních“ částí, např. synchronizační algoritmy, řízení proudového zdroje samotného, získání žádané veličiny pro proudový zdroj atd. Za velice přínosné považuji rozbor a porovnání několika řešení u těchto jednotlivých sub-částí. Autor také hodnotí i jednotlivé metody z hlediska praktického provozu, jako je např. provoz v sítích s vyšším harmonickým zkreslením či ostrovní provoz (méně nestabilní kmitočet soustavy).

V kapitole 7 jsou přehledně znázorněny výsledky simulací chování modelu za různých podmínek, přičemž opět oceňuji možnost srovnání jednotlivých metod řízení.

Kapitola 8 navazuje logicky na kapitolu 7 a jsou zde znázorněny praktické výsledky na laboratorním prototypu, opět i s možností porovnání jednotlivých metod řízení.

Dle mého názoru je z formálního hlediska práce zpracována pečlivě, jazyková i grafická úroveň práce je velmi dobrá a odpovídá standardům pro psaní odborných textů.

4) Hodnocení publikační činnosti autora disertační práce

Mezi jednoznačně nejvýznamnější výstupy autora disertační práce patří autorství/spoluautorství třech patentů a dvou užitných vzorů, podaných nejen v rámci ČR, ale i Evropy. Autor dále publikoval na českých i významných zahraničních konferencích (detailně viz seznam autorových publikací v disertační práci). Jádrem disertační práce bylo podle mého názoru v dostatečné míře, která byla ovlivněna i patentovými přihláškami, prezentováno odborné veřejnosti. Původní přínos této disertační práce jednoznačně dokládají udělené patenty.

Závěr

Dle mého názoru Ing. Ivan Matuljak splnil veškeré cíle disertační práce a prokázal hluboké teoretické i praktické znalosti problematiky.

Za důležité pokládám i to, že inovativní řešení nezůstalo pouze u simulací, ale je prakticky ověřeno a chystá se nasazení těchto zařízení v provozu. Počet registrovaných patentů a užitných vzorů to jen dokládá.

Osobně si myslím, že rozsah i kvalita díla převyšuje požadavky kladené na disertační práci.

Na základě posouzení disertační práce pana Ing. Ivana Matuljaka na téma „*Moderní systémy kompenzace zemních poruch v rozvodné soustavě s využitím výkonové elektroniky*“ a po seznámení se s výsledky jeho odborné práce **doporučuji ve smyslu §47 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách disertační práci k obhajobě**. Po úspěšné obhajobě této disertační práce doporučuji udělit Ing. Ivanu Matuljakovi akademický titul „doktor“, ve zkratce „Ph.D.“.

V Praze dne 30. října 2013



Ing. Tomáš Salon, Ph.D.

Dotazy a připomínky k posuzované disertační práci

Níže uvedené dotazy nezpochybňují úroveň práce. Slouží především jako doplňující dotazy pro diskusi při obhajobě práce:

- 1) Ve své práci zmiňujete, že měnič potřebuje vlastní napájení střídače např. z vlastní spotřeby rozvodny. Zkoumal jste možnost napájení střídače přímo z vlastní kompenzované sítě (samozřejmě s uvažováním zemního spojení v soustavě)?
- 2) Důležitou charakteristikou dnešních zařízení je účinnost / spotřeba. Máte již k dispozici praktická data o požadavcích na napájení tohoto měniče?
- 3) Na straně 116 uvádíte jako výhodu řešení „kompaktnost a robustnost“. Je myšlena robustnost ve smyslu spolehlivosti? Bohužel občas praxe ukazuje, že technicky vyspělejší avšak relativně komplikovanější zařízení mohou být náchylnější na poruchy.

Zde srovnání klasická Petersonova tlumivka versus měnič + další součásti nutné pro provoz. Každopádně nemohu a nechci teď spolehlivost hodnotit. V principu je předložené řešení v disertační práci v pořádku, hodně bude záležet na konkrétním provedení, součástkové základně apod.

Nicméně poruchu vyloučit nelze: v případě poruchy zařízení v sítích s vyšším kapacitním proudem, kde je třeba již dle norem provádět kompenzaci kapacitních proudů, by porucha takového zařízení znamenala potencionální ohrožení např. provozního personálu (zejména dotykové napětí).

Jak budete při praktickém nasazení tohoto zařízení řešit případnou poruchu?

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent: **doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

Vysoké učení technické v Brně, FEKT, Ústav elektroenergetiky

Autor: **Ing. Ivan Matuljak**

Název: **„Moderní systémy kompenzace zemních poruch v rozvodné soustavě**

s využitím výkonové elektroniky“

Předložená disertační práce Ing. Ivana Matuljaka je zaměřena na návrh zařízení pro kompenzaci poruchového proudu při zemním spojení v síti s neúčinně uzemněným uzlem.

V úvodní části práce je představeno téma práce, jsou popsány známé principy kompenzačních zařízení a jsou vydefinovány cíle práce. Jako řešení pro dosažení vytyčeného cíle autor zvolil řízený zdroj proudu připojený do uzlu napájecího transformátoru distribuční soustavy.

V kapitole 5 se autor zabývá návrhem schématu výkonového obvodu navrženého zdroje proudu a následně návrhem parametrů. Kapitola 6 se pak podrobně zabývá návrhem algoritmů regulace navrženého zdroje proudu a návrhem algoritmu pro získání žádané hodnoty generovaného proudu.

Kapitola 7 popisuje simulace provedené pro navržený proudový zdroj a kapitola 8 pak experimentální ověření na laboratorním prototypu navrženého řízeného zdroje proudu.

V závěru práce je provedeno zhodnocení dosažených výsledků. Poslední část práce tvoří seznam literatury doplněný o vlastní publikace autora.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Disertační práce je zaměřena na problematiku kompenzace poruchového proudu v místě zemního spojení v síti vn. Vzhledem k rozsahu distribučních sítí vn v ČR i v zahraničí a vzhledem k rostoucím požadavkům na spolehlivost dodávky elektrické energie roste zájem provozovatelů distribučních sítí o spolehlivé systémy umožňující provoz distribuční sítě s poruchou do doby vyhledání poruchy a provedení základních příprav pro její odstranění. Současně poslední platný standard omezuje rozsah sítě, kterou je možné provozovat z jednoho napájecího transformátoru a to zejména s ohledem na velikost dotykových a krokových napětí v místě poruchy.

Navržené zařízení si kalde za cíl eliminaci poruchového proudu v místě poruchy, což výrazně přispěje k řešení výše zmíněných problémů. Z toho důvodu považuji téma práce za **vysoce aktuální a současně velmi dobře využitelné v elektroenergetické praxi.**

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Autor při řešení práce postupoval standardním způsobem. Nejprve se seznámil s teoretickými pracemi v dané oblasti. Následně poznatky aplikoval při návrhu silové i řídicí části proudového zdroje. Vlastnosti navrženého zdroje pak ověřil simulacemi a následně i experimentálně v laboratoři. Použitý **postup řešení problému považuji za správný. Navržený prototyp zdroje vykazuje dobré výsledky a jeví se jako využitelný v praxi.**

Hlavním cílem práce definovaným v kapitole 3 je vytvoření nového zařízení pro kompenzaci zemních poruchových proudů v izolovaných a neúčinně uzemněných rozvodných soustavách s využitím nejnovějších poznatků a technologií z oblasti výkonové elektroniky.

Cíl práce byl splněn.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Autor v práci navrhl specifický řízený proudový zdroj, požadované vlastnosti následně ověřil jak pomocí simulací, tak i pomocí experimentálního měření.

Za původní lze považovat vytvořenou metodiku návrhu a dimenzování řízeného zdroje proudu určeného pro kompenzaci zemních proudů, dále návrh dvou variant řízení tohoto zdroje a návrh algoritmů pro stanovení velikosti a fáze kompenzačního proudu. Navržený princip je patentově chráněn a navržené zařízení je chráněno užitným vzorem.

K práci mám následující připomínky:

- práce obsahuje překlepy a gramatické chyby,
- autor používá termín „nulová složka“ napětí, příp. proudu“, který není definován. Správně má být „netočivá složka“ napětí, příp. proudu,
- v anotaci na str. 5 je uvedený výkon navrženého zdroje 20kVA, v německém a anglickém překladu na str. 7 a 9 pak 10kVA,
- kap. 2, str. 17 – tvrzení o kapacitním rozsahu sítě u reálných sítí (800-1000A) by bylo vhodné doplnit poznámkou, že takto velké sítě se zpravidla provozují s uzlem napájecího transformátoru uzemněným přes odporník,
- kap. 2.4, str. 22 – autor popisuje „zatlumovací rezistor“ připojovaný do pomocného vinutí zhášecí tlumivky s tím, že účelem použití tohoto rezistoru je tlumení fázové nesymetrie rozvodné soustavy. S tímto tvrzením nelze souhlasit. Připojení rezistoru bude sice mít za následek určité zatlumení případných přechodných složek nicméně tento rezistor se připojuje standardně cca 1,5s po vzniku poruchy na dobu cca 1s a to pouze za účelem zvýšení činné složky poruchového proudu pro zvýšení spolehlivosti činnosti zemních ochran na vývodech,
- kap. 5.2.2, str. 47 – velikost zbytkového proudu se u reálných kompenzovaných sítí pohybuje v rozmezí 2-8% z celkového kapacitního proudu sítě (norma ČSN 33 3070 udává 10%). I přes to nelze zobecnit tvrzení, že navýšením poruchového proudu o 5% z celkového kapacitního proudu sítě dojde ke zvýšení velikosti dotykového a krokového napětí nad dovolenou mez. Závislost dotykového a krokového napětí v reálné síti závisí na řadě parametrů a má individuální charakter,
- kap. 6.4.1, str. 75 – provádí-li se umělé zemní spojení s cílem zjistit velikost kapacitních proudů jednotlivých vývodů, není nutné realizovat zemní spojení na všech vývodech rozvodny. Postačí realizovat jedno zemní spojení na přípojnici v rozvodně, nebo realizovat dvě zemní spojení postupně na různých vývodech z rozvodny,
- str. 76, 7.řádek – autor zmiňuje „vektorový diagram“, správně má být „fázorový diagram“,
- str. 77, rovnice 6.42 – jsou chybně uvedeny mocniny operátorů natočení,
- seznam použité literatury - u citací [71] až [77], [A5] a [A6] je chybně uvedeno jméno jednoho z autorů.

K práci mám následující dotazy:

- Z čeho vychází podmínka uvedená ve vztahu 6.46?
- Pro jaký maximální kompenzační proud se uvažuje v závěru zmíněný prototyp?
- Mohl by autor přehledově porovnat navržené zařízení s komerčním zařízením RCC Ground Fault Neutralizer fy Swedish Neutral?

Konstatuji, že **práce splnila zadaný cíl a obsahuje původní části s přínosem pro praxi.** Disertační práce je zpracována na **velmi dobré jazykové úrovni s velmi dobrou grafickou úpravou a stylizována formou umožňující pedagogické využití práce.** Uvedené připomínky jsou čistě formálního charakteru.

V seznamu vlastních publikací je uvedeno 19 záznamů, z toho 8 se týká ochrany průmyslového vlastnictví ve formě udělených patentů a užitných vzorů a ve formě patentových přihlášek. Dále je uvedeno 9 publikací na seminářích lokálního charakteru a 2 příspěvky přijaté k publikaci ve sborníku mezinárodní konference IECON 2013.

Jádro disertační práce nebylo s ohledem na ochranu duševního vlastnictví publikováno, nicméně soupis patentů a užitných vzorů autora svědčí u uznání původnosti navrženého řešení. Ostatní publikační činnost autora je spíše podprůměrná.

Předložená disertační práce dokládá autorovy hluboké teoretické znalosti a schopnost aktivně využívat vědecké metody práce pro konkrétní řešení velmi aktuální technické problematiky.

Disertační práce plně splňuje požadavky kladené na doktorské disertační práce a proto ji v souladu s §47 zákona č.111/1998 Sb. **d o p o r u č u j i** k obhajobě před komisí pro doktorské disertační práce.

V Brně dne 19.11.2013



podpis oponenta