

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent: **Ing. Radek Hanuš, Ph.D.**
PREdistribuce, a.s., oddělení Koncepce a plánování

Autor: **Ing. Aleš Krutina**

Název: **„Optimalizace a bilance řízení toků energie“**

Disertační práce Ing. Aleše Krutiny se zabývá problematikou komunikačních prostředků pro distribuční síť budoucnosti – tzv. „Smart Grids“. Práce se věnuje problematice signálové vazby na úrovni nízkého a vysokého napětí a návrhem tzv. neintruзивního vazebního prvku pro přenos informace po silových vedeních.

V první kapitole disertační práce jsou popsány cíle disertační práce, motivace k řešení tohoto úkolu a je zde popsána metodika práce.

Druhá kapitola popisuje současný stav řešené problematiky v ČR a ve světě, včetně historického vývoje.

Další kapitola disertační práce je především věnována nezbytným parametrům komunikačních prostředků pro síť VN a NN, aby byly využitelné pro potřeby Smart Grids, zejména v oblasti řízení distribuční soustavy metodou „Demand Response“. Tato kapitola obsahuje i popis v současné době používaných standardů. Podrobně je zde popsána technologie PLC, stručněji pak standardy a technologie pro bezdrátovou komunikaci.

Kapitola 4 představuje stěžejní část disertační práce. V této části je proveden výpočet a návrh neintruзивního vazebního prvku NN v planárním uspořádání.

Kapitola 5 popisuje experimentální ověření návrhu rogowskiho cívky v planárním uspořádání. Závěrečné kapitoly podchycují přínos dosažených výsledků.

Součástí disertační práce je i přehled publikační činnosti autora.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Oblast distribuce elektrické energie prochází v současné době významnými změnami. Do distribučních sítí, které byly historicky navrhovány pro jednosměrné toky elektrické energie, jsou v důsledku zavádění nových trendů integrovány decentralizované zdroje, které vedou k související změně chování těchto sítí. Dochází k obousměrným tokům elektrické energie v distribuční soustavě, která se rovněž chová více nedeterministicky. Tím stoupá potřeba pro vyšší stupeň řízení distribuční sítě v reálném čase i na nižších napěťových úrovních, kde dosud řízení v reálném čase nebylo implementováno.

Kromě těchto technologických změn jsou na distributory rovněž kladeny nové legislativní požadavky, které spočívají zejména v plošné plánované povinnosti dálkovém odečtu naměřené energie tzv. systémem AMM. Dále pak i nároky vyplývající z tzv. „komponenty Q“, která systémem bonusů a malusů motivuje provozovatele distribučních soustav k neustálému zlepšování parametrů dodávek elektrické energie, zejména v oblasti četnosti a průměrné doby přerušení u zákazníků.

Všechny tyto změny jsou svázány s jedním společným atributem a to je spolehlivé a robustní komunikační řešení, které bude neoddelitelnou součástí distribuční soustavy a umožní nové nezbytné funkce a služby distribuční sítě.

S ohledem na výše uvedené změny v oblasti distribuce elektrické energie je téma disertační práce a oblast výzkumu v této oblasti velmi aktuální, neboť na trhu v současné době nenalezneme univerzální řešení, které by pokrývalo potřeby provozovatelů distribučních soustav.

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

Z popisu problematiky uvedené v disertační práci je vidět, že autor provedl důsledné zmapování stávajícího stavu komunikačních řešení v oblasti distribuce elektrické energie. Rovněž se odpovídajícím způsobem seznámil s technologiemi a novými trendy v této oblasti. Řešení navržené v disertační práci vychází z aktuálních potřeb průmyslu a navazuje na předchozí výzkum realizovaný v tomto oboru. Vlastnosti výsledného návrhu byly rovněž autorem disertační práce experimentálně ověřeny.

Členění práce a způsob zpracování prokazuje, že autor danou problematiku plně zvládl.

Cíle práce byly následující:

1. Systémový návrh řešení s ohledem na možnosti řízení toků energií v přenosových sítích.
2. Navrhnutí komponent, které umožní obecnou úlohu realizovat.
3. Volba řešení, které bude mít co nejmenší dopady na stávající infrastrukturu.

Předložená disertační práce zahrnuje všechny výše uvedené cíle. Bod 1 je v disertační práci řešen pouze částečně a to v oblasti ne přenosových, ale distribučních sítí. Orientace autora na distribuční sítě je ovšem správná, neboť v přenosových sítích je problematika řízení toků energií s ohledem na komunikační řešení již plně zvládnuta. Cíle uvedené v bodě 2 a 3 byly splněny v celém rozsahu.

Konstatuji, že cíle disertační práce byly splněny.

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

Práce obsahuje systémový návrh integrace cloud řešení do struktury distribuovaných řídicích systémů. Toto řešení může mít potenciál zejména v oblasti AMM systémů, kde bude generováno velké množství dat. Domnívám se, že v současné době není toto řešení v oblasti distribuce elektrické energie dosud užíváno a do budoucna nabízí určitý potenciál.

Dalším výsledkem je původní návrh neintruzivního vazebního prvku pro komunikaci po silových vedeních pomocí rogowskiho cívky v planárním uspořádání. Tento návrh považuji za hlavní přínos disertační práce.

K práci mám následující připomínky:

- některé obrázky jsou špatně čitelné, např. Obr.1., Obr.6, Obr.7.,
- práce obsahuje překlepy a gramatické chyby.

K práci mám následující dotazy:

- předpokládáte, že bude možné při implementaci AMM opustit systém HDO (předpoklad od r. 2020)?
- v disertační práci zmiňujete využití technologie PLC pro kontrolu impedancí obvodů v letadlech? Bylo by možné tuto funkcionalitu zavést i pro kontrolu distribuční sítě, např. pro identifikaci netechnických ztrát?


Lze očekávat, že výsledky práce najdou uplatnění v praxi. Cíl disertační práce byl splněn.

Po formální stránce lze hodnotit, že práce je zpracována v logickém sledu a s dobrou grafickou úpravou.

Publikační činnost autora lze hodnotit jako nadprůměrnou. Publikace autora byly svázány s řešenou problematikou.

Na základě výše uvedených skutečností lze konstatovat, že disertační práce splňuje požadavky kladené na doktorské disertační práce a proto ji v souladu s §47 zákona č.111/1998 Sb. doporučuji k obhajobě před komisí pro doktorské disertační práce.

V Praze dne 10.3.2016


.....
podpis oponenta

Oponentský posudek dizertační práce

Autor práce: **Ing. Aleš Krutina**

Téma práce: **Optimalizace a bilance řízení toků energie**

Oponent : **doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky
ČVUT v Praze, FEL

Předložená dizertační práce je zaměřena na jedno z nejaktuálnějších témat v oblasti distribučních sítí – Smart Grids a řízení toků výkonů. Práce je obsahově členěna na dvě podčásti – komunikační technologie a protokoly a návrh vazebního prvku pro sítě nn.

První kapitola uvádí motivaci autora k řešení práce, cíle práce a zároveň stanovuje metodiku řešení. Na úvodní část plynule navazuje kapitola uvádějící současný stav řešené problematiky.

Jádro práce tvoří kapitoly třetí až pátá.

V třetí kapitole se autor zaměřuje na komunikační technologie a protokoly pro silová vedení. Kapitola je přehledně zpracovaná a popisuje klíčové technologie od stávajícího HDO až po pokročilé protokoly G3 a PRIME. Autor v kapitole diskutuje různé možnosti architektury používaných vazebních článků a konstrukci protokolů. Zároveň provádí velmi aktuální hierarchizaci systémů AMR a AMM z pohledu multiutilitních odečtů a navrhuje možné řešení s využitím cloudů. V této souvislosti se věnuje i otázkám bezpečnosti chodu studovaných systémů. Kapitola dále uvádí podrobný popis fyzické vrstvy pro PLC a příbuzné technologie. Práce zevrubně analyzuje možnosti konstrukce jednotlivých signálů a jejich frekvenční hustoty. Kromě výše uvedených telekomunikačních technologií dále autor diskutuje jejich využitelnost v souvislosti s Demand Response.

Navazující část fundovaně analyzuje různé metody signálové vazby PLC a tvoří tak nutný teoretický základ pro praktickou část dizertační práce. Pro různé způsoby vazby je vždy uvedeno technické řešení, matematický model a jeho klíčové vlastnosti. Kapitola dále uvádí vlastnosti bezdrátových způsobů komunikace.

Praktická část práce (kapitola 4) se zaměřuje na návrh neintruzivního vazebního prvku pro komunikaci po nn vedení. Autor vytvořil simulační návrh v programu Comsol a provedl návrh konkrétního řešení v software Altium Designer. Ověření výstupů měřením je shrnuto v kapitole páté.

Součástí práce je i přehled publikační činnosti autora. Jádro práce bylo publikováno.

Přístup autora k uvedené problematice hodnotím jako velmi fundovaný. Ing. Krutina vytvořil hodnotné dílo, zejména kapitoly čtvrtá a pátá ukazují na možnosti realizace. V cílech práce je sice uvedeno zaměření na přenosové sítě, ale ostatní části (včetně abstraktu) mluví o sítích distribučních. Distribuční sítě zcela jistě čeká v nejbližších letech intenzivní rozvoj v oblasti ICT a navazujících služeb – Smart Metering, Smart Home a další. Zaměření na distribuční sítě hodnotím kladně, oblast přenosových sítí používá převážně jiné technologie a je velmi dobře zvládnuta.

Některé poznámky a připomínky k dizertační práci:

- Práci hodnotím jako poměrně dobře strukturovanou.
- Práce obsahuje celou řadu gramatických chyb a překlepů (např. název pracoviště na titulní straně práce).
- Práce nepoužívá jednotné písmo (např. rovnice v různých kapitolách jsou uvedeny rozdílným písmem), číslování obrázků není konzistentní.
- Čitelnost některých obrázků v tištěné verzi je velmi omezená až nemožná (Obr. 1, 4, 6, 7, 40), obrázky a tabulky jsou často převzaty (a řádně citovány) např. ze standardů (Obr. 1 až 5, obr. 8 až 22, obr. 33 a 39)
- Přehled zkratk není konzistentní se zbytkem práce. Zkratka CSMA použitá na str. 19 není například vůbec v seznamu uvedena.
- V rovnicích nejsou uváděny jednotky.

Dotazy k práci:

- Předpokládáte možnost paralelního využívání systému AMM a systému HDO v přechodném období? Jaká jsou v tomto kontextu technologická omezení obou systémů? Umožňují Vámi popisovaná řešení (zejména protokoly) AMM např. broadcast nebo multicast?
- Jaký vliv bude mít technologie komunikace po silovém vedení na koncové zákazníky? Dochází například k rušení EMC?
- V práci zmiňujete i bezdrátové technologie. Na základě jakého kritéria byly zvoleny právě technologie WM-BUS a ZigBee? Pokládáte je za perspektivní? Které technologie se používají v našem regionu?

Po prostudování práce mohu konstatovat, že téma dizertační práce je velmi aktuální a jeho řešení je přínosné, velmi kladně hodnotím návrh vazebního prvku v planárním uspořádání. Tento bod práce hodnotím jako její nejvýznamnější přínos. Cíle dizertační práce jsou dle mého názoru splněny (až na výše zmíněnou záměnu přenosových a distribučních sítí). Práce v sobě spojuje komplexní pohled na Demand response v distribučních sítích, hierarchický návrh koncepce AMM a dílčí praktickou část. Metodika práce ukazuje na dobré teoretické základy autora a jeho schopnost aplikovat tyto poznatky v praxi.

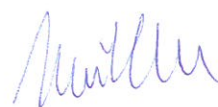
Dizertační práce přinesla nové vědecké poznatky pro oblast vazebních prvků v distribučních sítích. Autor dizertační práce tak přispěl inovativním přístupem k rozvoji distribučních sítí a jeho výstupy jsou využitelné při předpokládaném nástupu chytrých sítí.

Dizertační práce plně splňuje požadavky, kladené na doktorské dizertační práce v souladu s §47 zákona o vysokých školách čís. 111/98 Sb. a studijním a zkušebním řádem doktorských studijních programů Západočeské univerzity v Plzni a proto ji

d o p o r u č u j i

předložit k obhajobě před komisí pro doktorské dizertační práce.

V Praze dne 23. března 2016



doc. Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent: **doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**
Vysoké učení technické v Brně, FEKT, Ústav elektroenergetiky

Autor: **Ing. Aleš Krutina**

Název: **„Optimalizace a bilance řízení toků energie“**

Předložená disertační práce Ing. Aleš Krutiny je zaměřena na možnosti implementace a začleňování komunikačních prostředků tzv. „chytrých sítí“ do současné infrastruktury distribučních sítí.

V úvodní části práce je uvedena motivace pro zpracování tématu, jsou vytyčeny cíle a stručně okomentována metodika zpracování, na kterou navazuje velmi stručná část věnovaná současnému stavu řešené problematiky. V kapitole 3 se pak autor zabývá komunikačními prostředky používanými či potenciálně použitelnými v sítích nn a vn. Podrobněji se autor věnuje zejména technologii PLC, kde bylo provedeno také experimentální ověření adaptivní vazby.

Jádro práce tvoří zejména kapitola 4, kde je proveden návrh neintruzivního vazebního prvku pro komunikaci po silových vedeních pomocí Rogowského cívky v planárním uspořádání.

V závěru práce jsou shrnuty přínosy práce a okomentován význam 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 komunikačních prostředků využitelných v elektrických distribučních sítích. V současné době je intenzivně řešena zejména komunikace mezi novou generací elektroměrů začleněných do tzv. systému AMM (Advanced/Automated Meter Management) a datovým centrem provozovatele distribuční sítě. S ohledem na množství elektroměrů v síti se jedná, zejména z pohledu spolehlivosti a rychlosti přenosu dat, o dosud uspokojivě nevyřešený problém. S ohledem na předpokládané budoucí potřeby nové generace systémů řízení a chránění elektrických sítí bude nutné začlenit do systémů komunikace i další prvky, jako jsou například regulátory napětí, systémy automatické obnovy napájení při poruše (tzv. self-healing networks), atd. a nároky na spolehlivou komunikaci dále porostou.

Z toho důvodu považuji téma práce za **vysoce aktuální a potřebné pro elektroenergetickou praxi**.

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

Autor při řešení práce postupoval standardním způsobem. Nejprve se seznámil s potenciálně použitelnými možnostmi komunikace, které zhodnotil a ve vybraném případě komunikace po silovém vedení také prakticky ověřil adaptivní metodu signálové vazby. Následně se zaměřil na návrh neintruzivního vazebního prvku pro komunikaci po silových vedeních. Navrhl a prakticky realizoval Rogowského cívku v planárním uspořádání, přičemž vybrané vlastnosti experimentálně ověřil.

Použitý postup řešení problému považuji za správný.

Cíle práce jsou uvedené v kapitole 1.2 a zahrnují:

- a) systémový návrh řešení s ohledem na možnosti řízení toků energií v přenosových sítích,
- b) návrh komponentů, které umožní obecnou úlohu realizovat,
- c) návrh řešení, které bude mít co nejmenší dopad na stávající infrastrukturu.

Splnění dílčího cíle a) je diskutabilní. Práce se obecně nevěnuje přenosovým sítím ani možnostem řízení toků energií v těchto sítích. Zmínku o energetických tocích a jejich řízení je možné nalézt v kapitole 3.2.2 zabývající se Demand Response (řízení spotřeby aktivním zákazníkem), což ale spadá do oblasti distribuce elektrické energie. Dílčí cíle b) a c) byly splněny v celém rozsahu.

Konstatuji, že **cíle práce byly splněny pouze částečně.**

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

Autor v práci shrnul použitelné prostředky pro komunikaci v tzv. chytrých sítích. V kapitole 3 navrhl koncept komunikace založené na integraci cloud systémů do struktury distribuovaných řídicích systémů. Tento koncept není v uvedené podobě v elektroenergetice dosud používán.

V kapitole 4 je pak popsán návrh neintruzivního vazebního prvku pro komunikaci po silových vedeních pomocí Rogowského cívky v planárním uspořádání. Tuto část lze považovat za původní a současně za hlavní přínos disertační práce.

K práci mám následující připomínky:

- práce obsahuje překlepy, gramatické a typografické chyby a formální nepřesnosti (např. název pracoviště „Katedra energetiky“, apod.),
- anotace a klíčová slova v českém a anglickém jazyce se obsahově liší,
- název práce pouze velmi vzdáleně koresponduje s obsahem práce,
- většina obrázků je velmi špatně čitelná,
- některé obrázky a tabulky jsou v anglickém jazyce, což neodpovídá jazyku práce,
- v práci se vyskytují věty v první osobě jednotného čísla, což není standardní pro tento typ prací,
- v rovnicích a v textu není použit jednotný typ písma,
- str. 38 – odkaz na publikaci IEEE [5] – není zřejmé o jakou publikaci se jedná,
- str. 54, úvodní odstavec kap. 4.4.1 odkazuje na kapitolu 4.4, což je poněkud matoucí,
- kap. 4.4.2 – změněn typ číslování obrázků a současně jsou obrázky číslovány znovu od 1,
- str. 61, kap. 5.1, třetí odstavec – v převodu transformátoru chybí jednotky,
- str. 63 – chybně uvedena jednotka přenosové rychlosti.

K práci mám následující dotazy:

- Str. 50 – na základě čeho byl zvolen budící proud 2A?
- Str. 64, kap. 5.2 – autor uvádí: „Každá evoluce má své charakteristické parametry dané výrobní technologií....Tyto parametry jsou výrobně opakovatelné s rozptylem menším, než 1%“. Na základě čeho bylo uvedeno toto tvrzení?

Konstatuji, že **práce obsahuje původní části s přínosem pro praxi; zadaný cíl byl splněn pouze částečně.** Disertační práce je zpracována na **dobré jazykové úrovni s dobrou grafickou úpravou a stylizována formou umožňující také pedagogické využití práce.** Uvedené připomínky jsou převážně formálního charakteru. Oceňuji návrh a praktickou realizaci původního neintruzivního vazebního prvku pro komunikaci po silových vedeních.

V seznamu vlastních publikací je uvedeno 24 záznamů, z toho u 12 je autor disertační práce uveden jako první autor. Na WoS je evidováno 8 záznamů. Publikace se týkají poměrně široké oblasti výzkumu a ukazují na schopnosti doktoranda řešit různá výzkumná témata a spolupracovat v týmu.

Jádro disertační práce bylo dostatečně publikováno. Celkově považuji publikační činnost autora za nadprůměrnou.

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

Přes uvedené připomínky lze konstatovat, že disertační práce splňuje požadavky kladené na doktorské disertační práce a proto ji v souladu s §47 zákona č.111/1998 Sb. **doporučuji** k obhajobě před komisí pro doktorské disertační práce.

V Brně dne 3.3.2016



.....
podpis oponenta