

Oponentní posudek dizertační práce

Uchazeč: Ing. Lukáš Beneš

Název dizertační práce: Analýza a optimalizace PLC/BPL datových systémů pro energetiku

Oponent: Ing. Martin Koutný, Ph.D.

Pracoviště opONENTA: Ing. Ivo Herman, CSc.

Oponent se v posudku vyjádří dle Studijního a zkušebního řádu VUT zejména:

- a) k aktuálnosti tématu dizertační práce,*
 - b) zda dizertační práce splnila stanovený cíl,*
 - c) k postupu řešení problému a k výsledkům dizertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda,*
 - d) k významu pro praxi nebo rozvoj oboru,*
 - e) k formální úpravě dizertační práce a její jazykové úrovni,*
 - f) zda dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona,*
 - g) zda student prokázal nebo neprokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru. Bez tohoto závěru je posudek neplatný.*
- Ke každému z níže uvedených bodů je nutno doplnit stručný komentář.*

Ad a) Aktuálnost tématu dizertační práce

Téma dizertační práce je aktuální.

Komentář:

Téma dizertační práce považuji za aktuální. Téma práce je velmi dobře zasazeno do oboru telekomunikací, respektive oblasti komunikace po silnoproudém vedení (PLC/BPL) a jejího využití v energetickém sektoru. Práce se zabývá problematikou, která je pro provozovatele distribučních soustav klíčová zejména z důvodu stárnutí kabelové infrastruktury a nutnosti přechodu od reaktivní údržby k efektivnějším prediktivním modelům. Tradiční off-line diagnostické metody jsou nákladné a vyžadují odstávky. Myšlenka využít již existující, nebo nově budovanou komunikační infrastrukturu BPL (primárně určenou pro sběr dat a automatizaci trafostanic v rámci Smart Grids) jako sekundární diagnostický senzor je proto z provozního i ekonomického hlediska mimořádně přínosná a inovativní. Práce přímo reaguje na současné vědecké výzvy a potřeby digitalizace energetiky.

Ad b) Splnění stanoveného cíle dizertační práce

Cíl dizertační práce byl splněn.

Komentář:

Hlavní cíle, definované v kapitole 4, spočívají v návrhu a ověření autorem navržené diagnostické metody ConDi-BPL pro určení technického stavu vysoko napěťových kabelů a v experimentálním ověření detekce poruchových jevů (konkrétně částečných výbojů) pomocí BPL komunikace.

Hlavní cíl, návrh metody ConDi-BPL popisuje kapitola 7. Ověření metody bylo realizováno na reálných datech z distribuční sítě (popisují kapitoly 7.1 a 7.2).

Klíčový experimentální cíl, tedy ověření detekce částečných výbojů, byl validován na základě provedeného experimentálního měření v kapitole 8, kde bylo prokázáno, že i částečné výboje o nízké intenzitě 50 pC způsobují měřitelný pokles TCP propustnosti.

Dílní cíle, jako analýza vlivu parametrů vedení (kapitola 5) a návrh metodiky dlouhodobého monitorování (kapitole 6), byly rovněž splněny.

Ad c) Postup řešení problému a výsledky dizertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda

Postup řešení problému a výsledky dizertační práce jsou nadprůměrné.

Komentář:

Doktorand zvolil metodicky velmi dobře strukturovaný postup výzkumu, který odpovídá požadavkům na disertační práci v technickém oboru. Doktorand postupoval systematicky od detailní rešerše a identifikace výzkumné mezery (kapitola 3), přes analýzu relevantních parametrů podpořenou případovou studií (kapitola 5), až po návrh a validaci dvou hlavních přínosů práce:

- Prvním konkrétním přínosem doktoranda je návrh metody ConDi-BPL (kapitola 7). Nejedná se pouze o teoretický koncept; autor definoval konkrétní výpočetní model integrující 10 fyzických, topologických a komunikačních parametrů, včetně jejich významnosti.
- Druhým přínosem je experimentální validace detekce částečných výbojů (kapitola 8). Autor navrhl a realizoval laboratorní experiment, kterým prokázal, že BPL komunikace je citlivá i na částečné výboje o velmi nízké intenzitě (50 pC). Tento výsledek je inovativní a může být v budoucnu využitelný v praxi.

Dosažené výsledky byly průběžně publikovány v odborných článcích a konferenčních příspěvcích, což dokládá vědeckou erudici doktoranda a splnění požadavků na publikační činnost.

Ad d) Význam pro praxi nebo rozvoj oboru

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru je nadprůměrný.

Komentář:

Z pohledu průmyslové praxe je práce relevantní.

Metoda ConDi-BPL umožňuje provozovatelům distribučních sítí reálný nástroj pro efektivní asset management. Výsledná reprezentace, respektive koeficient technického stavu s jasně definovanými prahovými hodnotami (rizikový stav $< 0,3$) umožňuje přímou prioritizaci údržby a optimalizaci investic. To významným způsobem přispívá k finančním úsporám a zvýšení spolehlivosti sítě.

Důkaz, že BPL modem může mj. využít jako senzor částečných výbojů, otevírá cestu k nízkonákladovému, kontinuálnímu on-line monitorování degradace izolace. To představuje zásadní posun oproti nákladné a nárazově realizované off-line diagnostice. Práce tak prokazatelně přispívá k rozvoji konceptu Smart Grids a daty řízené údržbě.

Práce by mohla podrobněji vysvětlit způsob stanovení prahových hodnot výsledného koeficientu technického stavu; jejich bližší kvantifikace by dále zpřesnila interpretaci výsledků a usnadnila praktické nasazení metody.

Ad e) Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň

Formální úprava dizertační práce a její jazyková úroveň jsou nadprůměrné.

Komentář:

Formální a stylistická úroveň práce je na velmi dobré úrovni. Text je odborný, přehledný a dobře strukturovaný. Grafická část, zejména prezentace dat z laboratorních experimentů, je zpracována kvalitně a je funkční součástí argumentace. Metodika uvedená v příloze A představuje přidanou hodnotu, jelikož umožňuje reprodukovat navržený postup i v jiných podmínkách. U několika experimentů by bylo možné rozšířit doprovodný komentář nebo kvantitativněji popsat nejistoty měření, nicméně tento drobný nedostatek nesnižuje celkovou kvalitu zpracování.

Ad f) Dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona

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

Práce obsahuje původní vědecké výsledky, konkrétně návrh diagnostické metody ConDi-BPL a její následnou experimentální validaci skrze detekci částečných výbojů. Tyto výsledky byly prokazatelně

publikovány v recenzovaných odborných časopisech, a také na mezinárodních konferencích, jak dokládá seznam publikací autora a přehled výsledků autora uvedený v životopise.

Ad g) Prokázání tvůrčí schopnosti studenta v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru.

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

Komentář:

Doktorand prokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a práce naplňuje požadavky standardně kladené na dizertační práce v daném oboru. Autor identifikoval praktické nedostatky související s aktuálně využívanými přístupy/metodami, autor tak reaguje na aktuální výzkumnou mezeru. Autor práce také navrhl původní řešení (metodu ConDi-BPL) a především navrhl a realizoval unikátní experiment k ověření detekce částečných výbojů (kapitola 8). Schopnost samostatné tvůrčí práce je dále doložena autorovou publikační činností, včetně autorství u článků v impaktovaných časopisech. Kladně hodnotím také aktivní zapojení autora do vědecko-výzkumných aktivit, mimo jiné v rámci aplikovaného výzkumu, například v projektech Technologické agentury České republiky.

Celkové hodnocení:

Předložená dizertační práce Ing. Lukáše Benešla představuje vysoce kvalitní a ucelené dílo, které řeší velmi aktuální a praktickou problematiku na pomezí oboru energetiky a telekomunikací. Autor prokazuje hluboké porozumění, jak komunikačním technologiím, tak diagnostickým potřebám provozovatelů distribučních sítí.

Práce přináší dva hlavní originální výsledky:

- Robustní a prakticky použitelnou metodiku ConDi-BPL pro kvantifikaci technického stavu VN kabelů, která vhodně kombinuje statická data z geografického informačního systému s reálnými, dynamicky měřenými komunikačními parametry.
- Experimentální důkaz využitelnosti BPL komunikace jako citlivého on-line senzoru pro detekci částečných výbojů, a to i při jejich nízkých intenzitách.

Za významný považuji také experimentální přínos práce, v rámci kterého autor doložil, že výskyt částečných výbojů se projevuje v měřitelných parametrech BPL komunikace i při relativně nízkých úrovních zdánlivého náboje. Ačkoliv lze obecně očekávat, že rušivé jevy ovlivní přenosové vlastnosti linky, konkrétní citlivost BPL technologie na částečné výboje není vzhledem k útlumu kabelu, frekvenčním charakteristikám ani robustním korekčním mechanismům samozřejmá.

Otázky oponenta:

1. Jakým způsobem byly stanoveny prahové hodnoty výsledného koeficientu technického stavu ConDi-BPL?
2. Jakým způsobem se v metodě ConDi-BPL zohledňuje dlouhodobá nebo sezónní variabilita vybraných parametrů, například zátěže kabelového vedení nebo charakteristik zemnění?
3. Experimentální ověření detekce částečných výbojů (kapitola 8) proběhlo v kontrolovaném laboratorním prostředí na 22 m kabelu. V reálné síti (např. 800 m) bude přítomno mnoho dalších zdrojů rušení (spínané zdroje, změny zátěže atd.). Jakým způsobem byste v reálném provozu odlišil pokles TCP propustnosti způsobený částečným výbojem o intenzitě 50 pC od běžného provozního šumu a fluktuací způsobených změnami zátěže?
4. Jak lze realizovat ConDi-BPL v praxi s ohledem na zvolené vstupní parametry?
5. Je nasazení BPL pouze pro určení technického stavu vysoko napěťových kabelů reálné a ekonomické?

Závěr:

Dizertační práce Ing. Lukáše Benešla splňuje všechny požadavky kladené na dizertační práci v daném oboru. Práce je založena na publikovaných výsledcích, reflektuje současné vědecké výzvy a vhodným způsobem na ně reaguje. Výstupem práce je vhodně definovaná metoda s následnou validací, kde lze předpokládat, že metoda je v praxi uplatnitelná a umožní detekci degradace kabelového vedení.

Dizertační práci k obhajobě doporučuji nedoporučuji.

Dne: 01.12.2025

Podpis: 