

**Doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký**  
**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

## **OPONENTSKÝ POSUDEK**

na disertační práci Ing. Daniela Kouby na téma

„Analýza bezpečného provozu kompenzované sítě VN velkého rozsahu“

Předkládaná práce se zabývá provozem kompenzovaných sítí vn velkého kapacitního rozsahu. Práce je rozdělena do 9 kapitol a obsahuje 115 stran textu.

Práce ve svém úvodu rozebírá příčiny nárůstu kapacitních proudů v kompenzovaných sítích vn, dále vliv zbytkového proudu na dotyková napětí a statisticky vyhodnocuje reálná data o poruchách, které vznikly vsíti E.ON Distribuce, a.s. se zaměřením na zemní poruchy ve vn sítích.

Autor se dále zaměřuje zejména na zbytkový proud v místě skutečného zemního spojení, porovnává možnosti kompenzace zemních proudů a odvozuje možnosti použití metody přizemnění postižené fáze vzhledem k bezpečnému provozu kompenzované sítě vn. Detailně popisuje teoretické řešení dvou simultánních poruch v jakýchkoliv fázích třífázového systému a navrhuje postup, který umožní jednodušší nastavení základních parametrů výpočtu poruch v odlišných fázích.

Jako přímou aplikaci na lokální problém přizemnění postižené fáze autor uvádí novou experimentální metodiku, která může posloužit k rozvoji metody přizemnění postižené fáze. Vytvořený model pak verifikuje s normou a porovnává s reálným měřením.

V závěru práce pak autor doporučuje provozovatelům distribučních soustav řešení problematiky sítí s vysokými kapacitními proudy v závislosti na jejich provedení a definuje zjištěná rizika.

### **Splnění cíle disertační práce**

Za důležitou z hlediska splnění cílů disertační práce považuji kapitolu 5, ve které je uvedena simulace zemních spojení s shuntováním, porovnání simulací s výsledky měření i zhodnocení použité metody. Tato kapitola doktorské disertační práce je podstatnou původní přínosnou částí.

Lze konstatovat, že v kap. 1 uvedený **cíl práce byl splněn** jak v teoretické části, tak i v praktických aplikacích.

### **Postup řešení problému**

Postup řešení problému je logicky navazující, Ing. Kouba vychází ze současného stavu problematiky, rozebírá možné způsoby řešení, věnuje se otázce shuntování na teoretické úrovni a následně poznatky aplikuje v navržených praktických řešeních.

Postup řešení problému **odpovídá úrovni disertační práce.**

### **Formální úprava a jazyková úroveň, vyjádření k publikacím**

Předložená disertační práce je vypracována přehledně a srozumitelně a na velmi dobré odborné úrovni. Grafická stránka práce je velmi dobrá. Formální úprava práce představuje

vhodnou kombinací části textové, doplněnou vzorci, tabulkami a grafy a odpovídajících obrázků, adekvátně navazujících na část textovou. Jazyková úroveň je dle mého soudu na dostatečné úrovni.

Publikační činnost Ing. Kouby byla zaměřena na řešené téma. Celkem 11 uvedených publikací bylo realizováno na konferencích, 1 příspěvek jako kapitola knižně. Jádro práce bylo tak publikováno na dostatečné úrovni.

### **Význam pro společenskou praxi a pro rozvoj vědy**

Předložená doktorská disertační práce je přínosem pro společenskou praxi, kdy řeší problematiku provozu kompenzovaných sítí vn velkého kapacitního rozsahu při zachování nezbytných spolehlivostních a bezpečnostních ukazatelů. Propojuje mezi sebou teoretické poznatky, výsledky výzkumu a jejich konkrétní aplikaci a zároveň poukazuje na možnost použití v praktické oblasti.

Disertační práce obohacuje vědní obor elektroenergetiky o novou experimentální metodiku a po praktické stránce přispívá k bezpečnému provozu kompenzovaných sítí vn velkého kapacitního rozsahu.

### **Připomínky a dotazy k práci.**

Práce je po teoretické stránce na velmi dobré úrovni, proto připomínky a dotazy, které mám, jsou víceméně formálního či doplňujícího charakteru :

- Doporučuji používat termín „netočivá“ namísto „nulová“.
- Jak byly zjištěny ideální velikosti rezistoru shuntu z grafů v kap. 5.3.3.?
- Jak lze vysvětlit odlišnosti výsledků při simulacích a měřeních – (str.81-82)?
- Jaké budou meze nesymetrie, aby nedošlo k nesprávnému vyhodnocení podpětí pro zareagování automatiky shuntování? Kdy se přizemní zdravá fáze?

Tyto mé dotazy a připomínky však nijak nesnižují vysokou úroveň této práce a jsou míněny spíše jako náměty k diskusi.

### **Závěr**

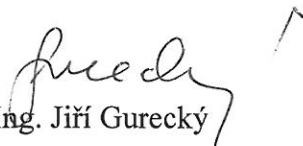
Autor se zabývá aktuální problematikou provozu kompenzovaných sítí vn velkého kapacitního rozsahu s možnostmi jeho dalšího rozvoje. Práce je na velmi dobré teoretické i formální úrovni. Teoretická i praktická část svým rozsahem a hloubkou odpovídá disertační práci. Z práce je patrné, že se autor dokonale orientuje v dané problematice.

**Disertační práce splňuje podmínky** samostatné tvůrčí vědecké práce. V uvedené literatuře je 12 publikací autora, jejichž téma souvisí s tématem disertační práce.

Mohu tedy konstatovat, že jsou splněny podmínky § 47 odst. 4 Zákona o vysokých školách č. 111/98 Sb. a **doporučuji práci k obhajobě.**

**Po úspěšné obhajobě předložené disertační práce budu souhlasit s udělením titulu doktor - Ph. D.**

Ostrava, 30.10. 2013

Doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký 

## Oponentský posudek doktorské disertační práce

Autor: **Ing. Daniel Kouba**  
Školící pracoviště: **Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická**  
Téma: **Analýza bezpečného provozu kompenzované sítě VN velkého rozsahu**  
Oponent: **RNDr. Bohumil Sadecký, CSc.**  
**ČEPS, a.s.**

**Aktuálnost a význam tématu:** Téma předložené práce je pro praxi aktuální z několika hledisek: bezpečnost provozu sítí VN, zkrácení doby přerušení dodávky, ekonomika provozu distribuční soustavy. Práce se zabývá možnostmi omezování zbytkových poruchových proudů, které vznikají v kompenzovaných sítích VN při zemním spojení. Velikost těchto proudů v posledních letech roste v souvislosti s nárůstem podílu kabelů v sítích VN a rostoucími kapacitními proudy. Vyšší zbytkové poruchové proudy pak znamenají zvýšení rizika úrazu. Na druhé straně se provozovatelé DS snaží co nejvíce zkrátit dobu přerušení dodávky, tj. umožnit bezpečný provoz soustavy se zemním spojením do doby vymanipulování poruchy. K tomu přináší práce významné nové poznatky.

**Cíl a jeho splnění:** Cílem práce bylo vybrat nejvhodnější metodu umožňující bezpečný provoz kompenzované sítě VN snížením zbytkového poruchového proudu v místě zemního spojení, provést analýzu a hodnocení této metody a formulovat doporučení k jejímu použití pro provoz DS VN. Tohoto cíle dle mého soudu autor dosáhl. Analýzu a vyhodnocení vybrané metody „shuntování“ (automatika spínání paralelního odporu) považuji za jádro a hlavní přínos předložené práce. Práce je na dobré teoretické úrovni a obsahuje cenné praktické závěry použitelné pro rozvoj a provoz soustav vysokého napětí.

**Formální úprava:** Práce má 115 stran základního textu včetně obrázků a grafů. Je rozdělena na 9 kapitol a logicky postupuje od teorie nesymetrických poruch přes analýzu metody shuntování až k praktickým závěrům a doporučením. V příloze jsou zdrojové texty výpočetních simulací v Matlabu. Součástí práce je výčet 28 použitých literárních pramenů a 15 vlastních publikací. Práce je sepsána pečlivě, drobné jazykové nepřesnosti jsou zanedbatelné a nemají vliv na srozumitelnost textu. Text je bohatě graficky dokumentován.

**Postup, metody a výsledky řešení:** Zvolený metodický postup odpovídá požadavkům na vědeckou práci. Autor postupuje od teoretického odvození metody k její praktické aplikaci a verifikaci, která prokázala správnost metody.

V obecněji zaměřených úvodních kapitolách se autor zabývá příčinami nárůstu kapacitních proudů v sítích VN a možnými způsoby omezování rostoucích zbytkových poruchových proudů, které vznikají při zemním spojení. Popisuje též provozní praxi při řešení těchto poruch, jejich vliv na ukazatele spolehlivosti provozu DS a uvádí údaje ze statistiky poruch v soustavě E.ON ukazující na vysokou četnost zemních spojení převážně na venkovních vedeních. V kapitole 2 je uveden způsob výpočtu maximálního zbytkového poruchového proudu.

Nejrozsáhlejší jsou kapitoly 4 a 5, představující jádro práce. Kapitola 4 je převážně teoretická a zabývá se teorií řešení nesymetrických poruch metodou souměrných složek. Hlavní pozornost je věnována simultánním poruchám, konkrétně výskytu dvou současných poruch na různých místech. Pro zjednodušení je v některých rovnicích vynechán vliv kapacitní susceptance vedení, v praktických aplikacích této teorie s ní však autor již počítá. Teorie simultánních poruch je aplikována na řešení ukázkového příkladu v Matlabu. Ověření získaného řešení autor provedl srovnáním s výpočtem podle normy ČSN EN 60909-3 a prokázal dostatečnou míru shody.

V kapitole 5 pak autor použil teorii simultánních poruch pro analýzu metody „shuntování“ (automatika spínání paralelního odporu), představující jednu z metod omezování zbytkového poruchového proudu. Použil model dvou simultánních poruch: skutečné zemní spojení a připojení shuntu v transformovně. Simulaci provedl opět na modelu v Matlabu a cílem simulací bylo též zjištění vhodných parametrů shuntu a automatiky jeho spínání. Výsledky simulací pak porovnával s výsledky měření při uměle vyvolaném zemním spojení v jedné lokalitě E.ON a prokázal dosažení uspokojivé shody. K analýze a simulacím shuntování autor použil zařízení MAT (Phase earthing) německé firmy dr. Becker GmbH a

částečně též zařízení SGR české firmy EGE, s.r.o. Velkou část práce věnoval ověření správného nastavení podmínek automatického připojení shuntu a závislosti těchto podmínek na vlastnostech připojené oblasti. Diskutován je též vliv na dispečerskou činnost při lokalizaci poruchy ve venkovní síti, pro kterou instalace automatiky shuntu znamená určité zvýšení pracnosti.

**Závěry pro praxi:** V závěrečných kapitolách autor zhodnotil popsané metody shuntování a shrnul jejich výhody a nevýhody. Uvedl též některá nebezpečí, která jejich zavedení může přinést, např. nebezpečí vzniku další poruchy na některé zdravé fázi v důsledku jejího zvýšeného namáhání. Prokázal účinnost shuntování pro omezení zbytkového poruchového proudu, ale upozomil i na problematické případy. Doporučil realizaci pokusných instalací shuntování do vhodných smíšených sítí VN s častým výskytem zemních spojení. K použití v čisté kabelových sítích je skeptický, zejména z důvodu nižšího výskytu zemních spojení a tím snížené ekonomické výhodnosti takové instalace. Důležitým závěrem je též nezbytnost provedení analýzy a výpočtů před případným nasazením v konkrétní oblasti, k čemuž je možno využít i autorovy simulační programy v Matlabu.

**Zhodnocení významu práce pro obor „Elektroenergetika“ :** Přínosem práce pro vědní obor „Elektroenergetika“ je analytické zpracování a aplikace nové experimentální metodiky využívající teorií simultánních poruch v síti VN pro analýzu poruchových proudů a metod jejich omezování. Teoretický základ byl autorem dále rozvinut a aplikován na řešený praktický problém. Výsledky dosažené novou metodikou byly verifikovány porovnáním s normou a s výsledky praktických měření.

**Stanovisko k původnímu přínosu práce:** Hlavním přínosem pro praktické obory elektroenergetiky je úspěšné vyřešení otázky účinnosti metody shuntování pro eliminaci nežádoucích zbytkových poruchových proudů. Práce obsahuje řadu nových poznatků a doporučení pro provozovatele distribučních soustav, kdy tuto metodu použít, jak ji parametrizovat a jakým nebezpečím se vyhnout.

**Vyjádření k publikacím uchazeče:** Je uvedeno 11 vlastních publikací ve sbornících a na konferencích (včetně zahraničních), kapitola do knihy a 3 přednášky. Tyto publikace se zabývají různými aspekty problematiky řešené v disertační práci. Obsahují původní poznatky autora a rovněž závěry pro praxi.

**Dotazy na autora práce:**

- Jaký vliv má „shuntování“ na zmenšení snímaného reziduálního poruchového proudu zemní ochranou vývodu? Nemůže dojít k omezení funkčnosti těchto ochranných proudů?
- Jakým způsobem se pro výpočet maximálního zemního poruchového proudu zjišťuje rezistivita půdy a kvalita zemnicí soustavy a lze tyto údaje zjistit s dostatečnou přesností?
- Je popisované zařízení „MAT“ (Phase earthing) již někde v síti E.ON v provozu, případně jaká automatika přizemnění postižené fáze byla použita v experimentu, který je popisován v kapitole 5.4?

**Závěrečné hodnocení:** Podle mého soudu práce splnila stanovené cíle, obsahuje řadu nových poznatků a je nesporným přínosem pro vědní obor elektroenergetiky i pro praxi. Doktorand prokázal osvojení vědeckých metod práce, schopnost samostatné tvůrčí vědecké práce v dané oblasti a schopnost aplikovat výsledky v praxi. Disertační práce splňuje obecně uznávané požadavky na úroveň doktorských disertačních prací. Z výše uvedených důvodů doktorskou disertační práci

**doporučuji k obhajobě.**



RNDr. Bohumil Sadecký, CSc.  
ČEPS, a.s.  
Elektrárenská 774/2  
101 52 Praha 10

V Praze, 25. 10. 2013

## OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

### „ ANALÝZA BEZPEČNÉHO PROVOZU KOMPENZOVANÉ SÍTĚ VN VELKÉHO ROZSAHU „

Pan Ing. Daniel Kouba předložil k obhajobě disertační práci „ Analýza bezpečného provozu kompenzované sítě VN velkého rozsahu“, zpracovanou v rámci doktorandského studia v oboru Elektroenergetika. Práce má 115 stran, plus pět příloh výpočtů a simulací. Je rozčleněna do 9 kapitol, logicky uspořádaných. Její zpracování je pečlivé, graficky je disertace vhodně doplněná obrázky, fotografiemi a celkově po formální stránce působí velmi dobrým dojmem.

Význam práce pro obor.

Otázky bezpečnosti a spolehlivosti dodávek elektrické energie jsou prioritami při projektování a provozování přenosových a distribučních sítí na všech napěťových úrovních. Jsou obsaženy v materiálech EU, v mezinárodních propojeních mezi jednotlivými státy, stejně tak v Státní energetické koncepci a řadě dalších materiálů legislativního charakteru a provozních vyhlášek. Téma předložené disertace proto můžeme oprávněně zařadit jako příspěvek vedoucí ke zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti distribučních systémů.

Problematika disertace je velmi aktuální a je vhodně doložena např. na str.13, vývojem kapacitního proudu v sítích E.ON.(zpracovatel disertace je pracovníkem E.ON, díky čemuž mohl pracovat s daty, které by jinak pro studenty nebyly dostupné).Práce řeší v teoretické úrovni, s dopady na reálnou distribuční síť –primární záležitost distribučních společností, a to spolehlivou a bezpečnou dodávku elektrické energie odběratelům a také minimalizuje rizika úrazů, způsobených elektrickým proudem. Výsledky disertace jsou zajímavé nejen pro síť distribuční společnosti E.ON, ale pro všechny distribuční společnosti, ve kterých roste podíl kabelových rozvodů.

Postup řešení disertace, použité metody, splnění určeného cíle.

Disertace má logickou strukturu a od ukazatelů spolehlivosti dodávek elektrické energie, daných vyhláškou ERÚ z roku 2005, popisu zbytkového proudu a dotykových napětí, výklady výpočtu simultánních poruch, přechází k analýze metody shuntování. Popisuje uvedené způsoby a zařízení na dvou případech, které jsou v ČR možné použít k omezování zbytkových proudů. Metody vyhodnocuje a výsledkem je doporučení pro provozovatele sítí se zvýšenou kabelizací. Výklad je srozumitelný a oceňuji skutečnost, že autor uplatňuje komplexní pohled na problematiku, spojující provozní náležitosti sítě, ale též pohled investiční, kdy doplňující zařízení, přináší nejen možnost rozšíření poruchovosti v systému, ale zároveň navýšení investičních nákladů.

Cíl disertace-definovaný v práci na straně 14,příspěť k bezpečnému a spolehlivému provozu kompenzované sítě VN velkého rozsahu, zhodnocení vybrané metody omezení zbytkových proudů a doporučení pro provoz distribuční sítě, byl splněn.

Výsledky disertační práce a původní konkrétní přínos předkladatele disertace.

Výsledek disertace „ Analýza bezpečného provozu kompenzované sítě VN velkého rozsahu“ odpovídá zadaným cílům. Odpovídá též podmínkám struktury disertace obecně, tj. určit směry práce pro následný výzkum v dané oblasti. I toto bylo splněno- viz str.108.

Na zpracování je patrné, že autor Ing. Kouba pracuje systematicky a výsledky experimentů vhodně srovnává s výsledky modelování a výpočtů. Tuto skutečnost považuji za konkrétní přínos autora disertace pro rozvoj vědy v oblasti spolehlivosti dodávek elektrické energie.

Publikace disertanta.

Přehled prezentací a publikací autora disertace udává 11 vystoupení na konferencích a to za roky 2012 a 2013, 3 z nich v zahraničí. Oceňuji zvláště CIRED konferenci ,Stockholm 2013.Dále uvádí spolupráci při knižní publikaci. Je možno ocenit i pedagogickou činnost , a to jak v rámci fakulty, tak v rámci E.ON. Počet prezentací a publikací považuji za dostatečný a přál bych si ,aby disertant v této aktivitě pokračoval i nadále.

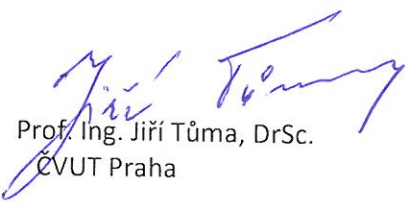
Dotazy.

1. Jak se projeví očekávaný růst FV elektráren na střechách obytných budov ve vlivu na distribuční síť?
2. Jak souvisí předložená disertace a problematika spolehlivosti sítě s budováním smart grids?
3. Výpočty ustáleného stavu sítě, výpočty zkratů- navrhujete doplnění řešením simultánních poruch. Je to účelné?

Závěr.

Po zvážení všech skutečností , při posuzování disertační práce pana Ing.Daniela Kouby „ Analýza bezpečného provozu kompenzované sítě VN velkého rozsahu “ jsem dospěl k závěru, že předmětnou disertaci doporučuji k obhajobě, protože dle mého názoru splňuje podmínky, kladené na práce tohoto typu.

Praha,20.10.2013

  
Prof. Ing. Jiří Tůma, DrSc.  
ČVUT Praha