

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent: **Ing. Karel Procházka, CSc.**

EGC- EnerGoConsult ČB

Autor: **Ing. Václav Vyčítal**

Název: **„PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP PRO HODNOCENÍ ZEMNÍCH SOUSTAV“**

Předložená disertační práce Ing. Václava Vyčítala je zaměřena na problematiku pravděpodobnostního přístupu pro vyhodnocení bezpečnosti zemních soustav v distribučních sítích, především pak zemničů se společným zemněním vysokého a nízkého napětí, jako jsou případy distribučních trafostanic VN/NN.).

Kromě rozsáhlého komentování velkého množství podkladů charakterizujících současný stav řešené problematiky se věnoval dvěma hlavními oblastem, a to pravděpodobnosti současnosti dotyku a vzniku nebezpečné situace – fibrilace srdečních komor a modelování a výpočtu zemničů a ohrožujících napětí.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Téma práce považuji za **aktuální a současně velmi dobře využitelné v elektroenergetické praxi**. Použití vhodného pravděpodobnostního přístupu se při hodnocení bezpečnosti zemních soustav distribučních sítí nad 1 kV jeví technicko-ekonomicky vhodnější než současný základní deterministický přístup podle nejhoršího scénáře uvedený v normě ČSN EN 50522 i našich podnikových normách energetiky PNE 330000-1 a PNE 330000-4.

Základní norma ČSN EN 50522 Uzemňování elektrických instalací AC nad 1 kV v kapitole 4.3 přitom uvádí „Musí se také zahrnout, že výskyt poruchy, amplituda poruchového proudu, doba trvání poruchy a přítomnost osoby jsou pravděpodobnostní povahy“. Nicméně sama tato norma kromě odkazu na IEC TS 60479-1 (pravděpodobnostní údaje k impedanci těla, dovolenému proudu tělem a činitele proudu srdcem) neudává žádný bližší návod, jak zahrnout do výpočtů pravděpodobnostní povahu vzniku nebezpečné situace a dotyku.

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

Autor při řešení práce postupoval standardním způsobem. Nejprve se podrobně seznámil s velkým množstvím (několik desítek) dosud publikovaných poznatků k pravděpodobnostnímu přístupu u řešené problematiky od jeho počátků v osmdesátých letech minulého století, poměrně podrobně je popisuje, a i kriticky hodnotí. Pozornost věnuje i současným předpisům pro návrh zemnicí soustavy (EN 50222 i PNE 33 0000-1, kde rovněž hodnotí nevýhody/dopady použitého nejhoršího scénáře např. u výpočtu poruchového proudu a doby dotyku shodné s trváním poruchového proudu.

Z hodnocených ohrožujících účinků se autor ve vlastních úvahách a výpočtech orientoval na fibrilaci srdečních komor jako na nejnepříznivější jev při průchodu proudu lidským tělem a na rozbor pravděpodobnosti překročení limitních velikostí proudu lidským tělem, které jsou uvedeny v platných standardech. Dále se podrobně věnoval modelování půdy, možným zdrojům chyb při modelování odporu/impedance zemničů a průběhu potenciálu v okolí zemniče.

Použitý postup při řešení problému považuji za správný. Jeví se jako využitelný jak v dalším výzkumu a mezinárodní spolupráci v této oblasti, tak i v praxi při uplatnění výstupů v příslušných normách.

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

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

Za původní přínos autora považuji zejména modelování kombinovaných zemničů, jehož výsledky byly využity při revizi PNE 33 0000-4 PŘÍKLADY VÝPOČTŮ UZEMŇOVACÍCH SOUSTAV V DISTRIBUČNÍ A PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ DODAVATELE ELEKTŘINY a návrh zjednodušení detailního modelování odporu lidského těla při stanovování rizika i analýzu důsledků nevhodného modelování.

Autor práce se domnívá, že užití dvouvrstvého modelu půdy by mělo být dnes prakticky standardně přijatým modelem, který relativně obstojně modeluje i složitější složení půdy. Přesto se jeví, že nejen na národní úrovni, ale i na mezinárodní je toto stále především v oblasti menších VN zemničů je homogenní model běžnou praxí a potřebu a výhodnost dvouvrstvého modelu i pro tyto zemniče by bylo zapotřebí podrobněji doložit.

Připomínky

Na str. 160 autor uvádí „K tomuto je dále vhodné zmínit, že současný přístup posuzování bezpečnosti zemničů podle EN 50522 [2] ovšem vícefázové poruchy nepožaduje do vyhodnocení zahrnout.“

Toto tvrzení se jeví jako nepřesné, protože ČSN EN 50522 Tabulka 1 uvádí jako určující pro nárůst potenciálu a dotyková napětí sítě s kompenzací zemních kapacitních proudů včetně krátkodobého přizemnění pro detekci proud s velikostí $I_E = r I_{res}^b$, kde b je „Nejsou-li automaticky vypnuty zemní poruchy, je nutné v závislosti na provozních zkušenostech uvažovat dvojnásobné zemní zkraty“.

Pro „posouzení provozních zkušeností“ v ČR zatím pro sítě vn provozované s kompenzací zemních kapacitních proudů a bez rychlého vypínání zemních spojení potřebný návod, který by např. respektoval četnost vícenásobných zemních poruch (pravděpodobnosti výskytu ohrožujícího napětí) chybí. Vhodnou inspirací by mohl být přístup zveřejněný pro německé sítě v ETG – Fachbericht 143 STE 2014 „Unwahrscheinlichkeit von Dopplerdsschlüssen in Netzgebieten mi Erdschlussstrom-Kompensation“, který na konkrétních statistických datech dokazuje, že pravděpodobnost ohrožení člověka při těchto poruchách je nižší, než při úderu bleskem a je tedy v Německu přijatelné.

Dotazy

Poruchovost síťových prvků, která vyvolá ohrožující napětí při zemních poruchách, se liší podle typů sítí (kabelové, venkovní vedení a smíšené), stáří prvků, revizní činnosti a i rozsahu sítí. Rovněž poruchové proudy mají časový vývoj – zvětšování či snižování rozsahu sítí (kapacitní proudy a proudy zemních spojení), změny v impedancích v síti. Zemniče se obvykle navrhují pro současné poměry, příp. krátkodobý výhled, zatímco jeho živostnost se předpokládá desítky let a kontroly podle Řádu preventivní údržby zahrnují v sítích nn a vn zpravidla měření velikosti výsledného uzemňovacího odporu. Jaký je názor autora na potřebu přehodnocování návrhu v průběhu životnosti zařízení.

Lze odhadnout zvýšení náročnosti návrhu uzemnění v distribučních sítích při užití dvouvrstvého modelu půdy a stanovení pravděpodobnosti koincidence poruchy a dotyku proti dosavadnímu přístupu podle ČSN EN 50522?

Proč byla zvolena velikost svodové rezistance ve studii v části 6.6.1 zvolena 10 % celkové příčné reaktance sítě vn?

Závěr

V rámci této práce byly řešeny dvě hlavní oblasti, a to pravděpodobnost vzniku fibrilace srdeční komory modelování zemničů a pravděpodobnostní přístup hodnocení zemních soustav.

Shrnutí problematiky měření a modelování půdy v části 5.1.6.4 „Simulace kombinace modelů půd a zemničů“ však ukazuje poměrně velký rozptyl výsledků -chyba při určení zemního odporu zemniče, nárůstu potenciálu zemniče a dotykového napětí ve středu do 40 % (pře- i poddimenzování). Počítat s takovou mírou rizika při návrhu zemniče je nepochybně obtížně prosaditelné.

Náměty na uplatnění výstupů práce v praxi při projektování , realizaci a ověřování skutečných parametrů nepochybně budou vyžadovat další rozpracování volby přístupu pro snížení nejistoty a odbornou diskusi před jejich uplatnění v příslušných standardech.

Konstatuji, že **práce splnila zadaný cíl a obsahuje původní části a je přínosem pro praxi, její část již byla využita při tvorbě PNE 330000-4.** Na základě získaných výsledků je zřejmé, že použití pravděpodobnostního přístupu k posouzení rizika ohrožení v distribučních sítích může být vhodnější než současný deterministický přístup podle platných norem, je však zapotřebí zvažovat jeho účelnost pro velký počet uzemnění v sítích vn a nn.

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.

V seznamu vlastních publikací je uvedeno 20 záznamů, z toho 3 články v časopise s impakt faktorem, 7 článků ve sbornících mezinárodních konferencí a 10 článků ve sbornících národních konferencí či v dalších publikacích.

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

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

Disertační práce 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 Českých Budějovicích 7.5.2020

