

Oponentský posudek

disertační práce ing. Zbyňka Jandy

„Analýza ovlivňování blízkých produktovodů elektrickými venkovními vedeními a kabely“

Fakulta elektrotechnická, ZČU, 2017

Oponent: ing. Jiří Barták, CSc.

Disertační práce ing. Zbyňka Jandy je zaměřena na problematiku ovlivňování ocelových potrubí v blízkosti elektrických vedení. Je to oblast, která je vysoce aktuální při návrzích jak elektrických vedení venkovních i kabelových, tak i při návrzích potrubních systémů.

Cíle práce jsou zejména:

- Analýza nebezpečných vlivů
- Zpřesňování výpočtů pomocí definování koeficientů
- Ověření navržených výpočtových metod praktickým měřením
- Ovlivnění kvality svarů nedalekým elektrickým vedením

Autor se zpočátku věnuje analýze problematiky a současnému stavu řešení problému souběhů. Poukazuje na mnohdy nejasnou úlohu omezujících vodičů při ovlivnění induktivních účinků. Významný moment je používání nových izolačních materiálů pro ocelová potrubí.

V dalším je obsáhle zkoumáno rozložení magnetického pole a jeho velikost, a to pro souběžné uložení obou produktovodů. Jsou prováděny výpočty vlivů při použití zemnicího pásku jako ochranného vodiče. Je posuzován vliv pozice ochranného vodiče na omezení indukovaného proudu v potrubí. Výsledkem je optimalizace polohy zemnicího pásku. Autor je pro jednotlivá uspořádání stanovil koeficienty, které lze při návrzích sítí použít.

Důležitá pasáž práce je návrh postupu praktického výpočtu. Je to prezentováno na souběhu vedení 110 kV a potrubí o průměru 0,2m. Výpočtová metoda byla ověřena měřením přímo na konkrétním zařízení. Výsledky měření potvrdily, že výpočtová metoda je v praxi velmi dobře využitelná.

Zajímavá je kapitola věnovaná vlivu vedení na montáž potrubí, konkrétně na kvalitu svarů. Zde byla provedena řada měření s odpovídajícím vyhodnocením.

Významná je pasáž týkající se kabelových vedení. To je oblast, která se může díky legislativě i na úrovni vvn a dokonce o zvn v budoucnu významně rozvíjet. Byla navržena opatření na snížení vlivu elektromagnetického pole a to zejména na straně kabelového vedení.

Shrnutí.

Předkládaná disertační práce ing. Zbyňka Jandy je určitě přínosem pro energetiku, její výsledky mohou být významným podkladem při navrhování jak elektrických vedení, tak i potrubních systémů. Jsou tak vytvořeny pro návrh optimálního řešení již ve fázi projektové přípravy a při výstavbě. Omezí se potřeba dodatečných úprav a dodatečných nákladů, jak to zatím obvykle v praxi vypadá.

Disertant postupoval při řešení problematiky logickým způsobem, použité metody byly zvoleny správně a vedly k naplnění stanovených cílů disertační práce.
Stanovené cíle byly v práci naplněny,

Ing. Janda se problematikou koroze ocelových potrubí v blízkosti vedení zabývá dlouhodobě, již od své diplomové práce. Disertační práce tak završuje jeho několikaletou práci v tomto oboru. Práce má proto vysokou úroveň, její závěry lze považovat za ucelenou metodiku použitelnou při návrhu elektrických vedení resp. ocelových potrubí. Jak plyne mj. z přehledu prací autora, ing. Janda se podílel na vypracování řady studií pro energetické společnosti. To potvrzuje, že témata, resp. výsledky disertační práce jsou pro konečného uživatele velmi aktuální.

Práce je zpracována přehledně, je patrný systematický přístup k řešení problémů. Po jazykové stránce nemám připomínky. Grafická úroveň zpracování je velmi dobrá.

Publikační činnost disertanta je bohatá, je citováno 19 publikací, kde je ing. Janda uveden jako autor nebo spoluautor. Řada z uvedených prací jsou výzkumné zpráv pro energetické společnosti

Při práci byla v široké míře využita odborná literatura – citováno 42 prací.

Závěr:

Disertační práci ing. Zbyňka Jandy „Analýza ovlivňování blízkých produktvodů elektrickými venkovními vedeními a kabely“ ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., §47 doporučuji k obhajobě.

K práci mám tento dotaz:

V kapitole 7 je uvažována konfigurace kabelů do trojúhelníka. Je to běžný způsob položení 1fázových kabelů vvn? Neuvažoval jste též případ, kdy jsou kabely uloženy vedle sebe? Jaká by v tomto případě byla optimální poloha omezujícího vodiče?

Jiří Barták

Plzeň, červen 2017



Posudek disertační práce

Ing. Zbyňka Jandy

Disertační práce je členěna do 8 číslovaných kapitol, kterým předchází obsah, úvod, seznam symbolů a zkratk a seznam základních pojmů. V řazení symbolů a zkratk se mi bohužel nepodařilo odhalit žádnou zákonitost. Kdyby byly symboly řazeny například podle abecedy, určitě by byly například odhaleny zdvojené symboly pro relativní permeabilitu. Rozměry uvedené u relativní permeability a relativní permitivity nejsou správné. Doporučuji také dodržovat ČSN EN 60375, kde je v kapitole 10 doporučeno označovat fázory podtržením. Dále doporučuji uvádět u symbolů kromě odvozených také základní jednotky soustavy SI. Určitě by se dalo diskutovat i o názvech některých zde uvedených symbolů.

V první kapitole je analyzován současný stav problematiky indukovaných napětí v potrubí. Autor čerpá z mnoha publikací, řada z nich nebyla starší než 5 let, což svědčí o aktuálnosti problematiky. Ve druhé kapitole autor definuje pět hlavních cílů disertační práce. Cíle nastiňují spíše praktická řešení modelových technických případů bez potřeby většího využití matematického aparátu. Pro výpočty se předpokládá většinou použití programu COMSOL.

V kapitole 3 se provádí analýza vzájemného ovlivňování souběžného potrubí. Tato kapitola by si zasluhovala doplnění obrázkem z vyznačením proudovodných drah. Předpokládám, že tento obrázek bude předložen při prezentaci práce, stejně jako bude vysvětlena volba všech okrajových podmínek v obr. 3.2. Druhá polovina strany 27 až strana 28 obsahuje všeobecně známé rovnice a je v práci zbytečná. Přivítal bych podrobnější diskusi o výsledcích z tabulky 3.1. Text na straně 31 by měl být doplněn situačními nákresey.

Čtvrtá kapitola provádí analýzu vlivu pozice omezujícího vodiče na redukční koeficient. Z obrázků v této kapitole opět není zcela jasná definice okrajového problému, tj. chybí definice reálné geometrie problému, průběh budících veličin a stanovení okrajových podmínek. Na str. 34 bylo možné dodefinovat jen parametry omezujícího vodiče a u ostatních parametrů se odkázat na stranu 25. V této kapitole je uvedena řada tabulek, ne vždy je ale zřejmé, jakým postupem se k nim došlo. Závěry kapitoly mohou podle mne být přínosné projektantům elektrických vedení a hlavně projektantům potrubních systémů a jejich protikorozních ochran.

Kapitola 5 řeší vliv provozního stavu venkovních vedení na potrubí. Při čtení této kapitoly není zřejmé, co je převzato z literatury, co z autorovy diplomové práce a co představuje její rozšíření zde v této práci. Poslední věta na straně 51 zní: „Numerický výpočet byl proveden ve mnou vyvinutém výpočetním softwaru.“ Nic bližšího o konstrukci tohoto software se nedovíme. Výsledky z tabulky 5.1 by byly názornější ve formě grafů spojených s obr. 5.3.

Kapitola 6 se zabývá vlivem provozního stavu venkovních vedení na montáž potrubí. Kapitulu uvádí sdělení, že: „...montáž potrubí v blízkosti nadzemního vedení vvn a zvn je doprovázena nežádoucími jevy.“ V závěru kapitoly se píše: „Učiněnými závěry se však prokázalo, že induktivní a kapacitní vlivy venkovního vedení při provozním stavu nejsou příčinou degradace kvality svarů.“ Argumentace pro tato tvrzení ale není příliš přesvědčivá. Na základě tří měření je určena amplituda napětí mezi místy svaru a zemí. Souvislost výsledků

měření s degradací svaru ale není ničím dokladována. Vznik superponovaných pulzů zůstal nevysvětlen. Vzhledem k pravidelnosti opakování pulzu by možná bylo dobré zamyslet se nad přítomností elektronicky spínaných obvodů v blízkosti měření (např. v souvislosti s katodovou ochranou).

Analýza vlivu kabelů na blízka potrubí je předmětem kapitoly 7. Také zde velmi chybí náčrtek cesty proudu. Schází zde přesnější popis získání hodnot v tabulce 7.6. Pod touto tabulkou je napsáno: „výpočtem jsem zjistil hodnoty, které jsou uvedeny....“, Vztahy nebo alespoň odkaz na vztahy použité při výpočtu zde nejsou. U obrázků 7.5 – 7.7 postrádám větší diskusi, tj. rozbor důsledků, jaké má vypočtená intenzita magnetického pole v praktických případech. Kapitola 7.3 je pouze dosazením konkrétních parametrů do vztahů z norem. Zohledněn by kromě vzdálenosti od vedení mohl být i různý tvar ochranného vodiče.

Grafická stránka disertační práce je na výborné úrovni až na malé chybičky – například poslední dva odstavce na str. 82 se objeví ještě jednou na straně 83. Lépe by mělo být rozlišeno, která část práce je převzata z literatury a která je autorovým přínosem v rámci jeho doktorského studia. Disertační práce je systematicky a přehledně napsána (až na Seznam symbolů a zkratk). Jazyková úroveň práce je rovněž dobrá. Výpočty s použitím programu COMSOL by měly zahrnovat stanovení okrajových podmínek, budicích veličin, případně údaj o konvergenci úloh, počtu uzlů, výpočetní čas atd. Každé měření by mělo obsahovat nějaký náznak protokolu o měření, tzn. schéma měření, použité přístroje, případně vnější podmínky měření apod. Přivítal bych podporu výpočtů použitím a uvedením většího počtu použitých matematických výrazů a operací a dále podrobnějším rozбором dosažených výsledků. Tím by autor náležitě odlišil náročnost disertační práce například od požadavků na náročnost diplomové práce, závěrečné zprávy z projektů apod.

V seznamu literatury a informačních zdrojů je uvedeno 42 publikací. Ing. Zbyněk Janda výběrem literatury přesvědčil, že se ve svém oboru dobře orientuje. V seznamu vlastních publikovaných prací je uvedeno 19 publikací, z toho pouze dvě v anglickém jazyce. Publikace v zahraničním časopise zde není uvedena žádná. Z uvedeného počtu článků je 5 článků z roku 2012, 2 články z roku 2013, 8 článků z roku 2014 a po jedné publikaci z roku 2015, 2016 a 2017. V databázi SCOPUS jsem našel ale minimálně další dvě publikace z konference EPE z roku 2015. Lze tedy konstatovat, že publikační činnost pana Ing. Jandy nebyla příliš výrazná.

Další připomínky:

Obr. 3.1 - z obrázku není zřejmé, jaká geometrie bude v programu COMSOL zadávána pro průběh budicí veličiny, tj. pro průběh proudu I_{klf}

Obr. 3.2 vhodné by bylo označení jednotlivých komponent na obrázku šipkou s popisem

27 poslední věta druhého odstavce: „Výsledné hodnoty jsem zjišťoval při uvažování obou účinků.“ – kde to je dokumentováno? Obou účinků najednou nebo izolovaně? Jaké jste volil budicí veličiny pro izolované účinky a pro superponovaný celek?

Vztah (3.2) je zde zbytečně uveden

29³ „...elektrické pole je zřídlové a magnetické nezřídlové...“ podle 2MR může být i elektrické pole nezřídlové

35 údaje (4.1), (4.7) byly zjištěny měřením? Pokud ano, chybí zde bližší údaje o provedení měření (protokol).

36... „Pro různé vzdálenosti byl zjišťován...“ Jak? Prosím o podrobnější komentář u obhajoby.

Obr. 4.6 ke které křivce se vztahuje modrý údaj 0,3 m?

Vztahy (5.1) a (5.2) by bylo vhodné doplnit obrázkem s označením nulového potenciálu.

(5.4), (5.13) označit číslo literatury, z níž byly převzaty

(5.14) je z [37]? Pokud ne, jak byly určeny hodnoty konstant ve vztahu?

Tab. 7.5 vodivost půdy 0,01 S/m se velmi liší od vodivosti 0,5 S/m, udávané na str. 26. Z čeho vycházela volba těchto hodnot?

Tab. 7.6 Jakou plochu jste uvažoval při výpočtu proudové hustoty z proudu v betonu nebo v půdě?

Otázky k obhajobě:

1. COMSOL byl použit pouze pro 2D modelování pro souběžná vedení. Odhadněte, jakou procentuální část v praxi tvoří takovýto souběh vedení a potrubí – vztaženo na délku jedné trasy potrubí?
2. Jaký vliv na modelování zde řešených problémů v kapitole 3 má vodivost půdy? Za jakých podmínek lze oblast půdy při modelování nahradit nevodivým prostředím, případně proudové trubice v 3D zemi samostatným vodičem? Jak závisí vámi obdržené výsledky na hloubce uložení potrubí?
3. Co vás vede ke konstatování, že: „Zpracovaný postup... lze považovat za velice přesný a efektivní nástroj...“? Kolik bylo na podporu této věty provedeno měření v různých podmínkách a jaké statistické metody jste pro jejich vyhodnocení použil?
4. Posuďte rozdílný trend ubývání reálné složky a ubývání imaginární složky proudu v tabulce 7.7. Můžete pro některý vybraný řádek tabulky odhadnout, při jaké permeabilitě vymizí imaginární složka proudu?

Tato práce, přestože nepřináší překvapivé vědecké výsledky, má jistě praktický význam pro projektanty venkovních i kabelových vedení i projektanty potrubních rozvodů plynu k návrhu technicky a ekonomicky optimálních řešení těchto staveb. Význam má i pro tvůrce norem, týkajících se této problematiky. Disertační práce tedy má pro obor Elektroenergetika význam.

Ing. Zbyněk Janda projevil schopnost orientovat se ve vědním oboru Elektroenergetika a pracovat s metodami a postupy v oboru využívanými. Proto

doporučuji

disertační práci k obhajobě.



doc. Ing. Lubomír Ivánek, CSc.

V Ostravě 7.6.2017

Oponentní posudek disertační práce Ing. Zbyňka Jandy s názvem *Analýza ovlivňování blízkých produktovodů elektrickými venkovními vedeními a kabely*

Význam práce pro obor

Práce se zabývá problematikou souběhů silových vedení s produktovody uloženými v zemi a to z pohledu stanovení úrovně indukovaných proudů a napětí v izolovaných potrubích a možností jejich eliminace. Tato problematika je v současné době poměrně dobře popsána a metodika používaná pro výpočet a hodnocení negativních vlivů včetně možných bezpečnostních rizik vzniklých blízkostí silových vedení velmi vysokého napětí a v zemi uložených potrubí je popsána v technických standardech a dokumentech Cigre. Stejně tak existuje poměrně dost vědeckých prací věnovaných této tématice, které se většinou zabývají přiblížením výpočetních metod a matematických modelů realitě. Uvedenou skutečnost potvrzuje koneckonců i autor v úvodní rešerši své práce. Technický pokrok a praxe však přináší stále nové možnosti vzájemných interferencí uvedených liniových staveb a otvírá tím prostor pro jejich další výzkum. Ačkoli autor správně vystihl příležitost pro vědeckou práci v této specifické oblasti elektroenergetiky, nedomnívám se, že jeho práce posunula úroveň oboru. Předkladatel nepochybně prokázal erudici a dobrou znalost tohoto oboru, ale výsledky jeho práce však nelze považovat za inovativní a často ani za věrohodné.

Postup řešení, použité metody a splnění cílů

Předkladatel si v úvodu práce stanovil celkem pět dílčích úkolů, jejichž naplněním sleduje především zdokonalení analýzy negativních vlivů silových vedení napájecích sítí střídavého napětí na souběžná izolovaná potrubí uložená v zemi. Pro jednotlivé dílčí úkoly pak používá různé způsoby řešení. V případě řešení analýzy vlivu souběhu dalšího potrubí, optimálního uložení ochranného pásku nebo v případě posouzení vlivu kabelových silových vedení použil autor k vyhodnocení úrovně indukovaných proudů a napětí matematický model rozložení magnetického pole generovaného některým z fázových vodičů souběžného silového vedení v programu COMSOL Multiphysics. Pro zhodnocení úrovně napětí indukovaného na izolovaném potrubí v důsledku nesymetrie souběžného vedení vvn provedl výpočet pro reálný případ souběhu postupem uvedeným v ČSN 332165 a doplnil jej praktickým měřením. V případě diagnostiky vlivu venkovního vedení vvn na montáž potrubí se jedná o prostou dedukci závěru z hodnocení oscilografů napětí změřených během přípravy svařování plynovodu.

Jsou to právě velmi stručně až ledabyle prezentované metody, postupy i jejich výstupy, co vede k polemice nad přínosy a splněním cílů předkládané disertace a to především ve dvou případech.



1. V případě dvoudimenzionálního modelování magnetického pole jsou uvedeny jen velmi strohé informace týkající se vytvořených modelů a jejich parametrizace. Jednotlivé snímky s rozložením hustoty úhrnného magnetického toku v ploše radiálního řezu souběhů silových vedení, potrubí a případně dalších vložených částí nejsou nikterak komentovány a co víc, jejich měřítka nejsou jednotná, takže je velmi problematické je navzájem porovnat a udělat si představu o vyšetřovaném induktivním účinku proudu procházejícího silovým vedením. Tento nám autor předkládá jako hodnoty indukovaných proudů v souběžných potrubích nebo v omezujícím vodiči bez dalšího komentáře. Jednoduchou úvahou nad hodnotami proudů v jednotlivých částech modelu v souvislosti s jejich parametry pak vznikají pochybnosti o reálnosti těchto modelů. Například v kap. 4.2.1 je podle všeho zdrojem magnetického pole pouze proud jednofázového zkratu ve fázi B s poruchou - 10 kA, ale není jasné, kudy se proud poruchy uzavírá, jestliže autor dále uvádí - indukovaný proud v zemním laně 269,484A, proud indukovaný v omezujícím pásku 0,586 A (oba s vodivostí $5,998 \cdot 10^7$ S/m) a dále proud indukovaný v potrubí 5,030 A (vodivost $5 \cdot 10^6$ S/m); proud zemí s vodivostí 0,5 S/m se neuvádí. Naopak v případě modelování vedení kabelového (kap. 7) je zpětný proud poruchy do modelu zahrnut (tab. 7.6), ale rozložení magnetického pole na obr. 7.5 tomu neodpovídá. Jestliže jsou proudy jádrem i stíněním fáze A s poruchou téměř identické, musí být magnetické pole nad stíněním – vně vodiče - zanedbatelné.
2. V případě ověřovacích měření indukovaných napětí na reálných zařízeních se předkladatel vůbec nezabýval otázkou měřicí nejistoty, což považuji v případě tak malých měřených hodnot napětí za naprosto nezbytné. Jakkoli kvalitní a vhodný osciloskop v případě měřených napětí na potrubních částech plynovodu v kap. 6 použil, měl by si být vědom důležitosti uvedení podrobných informací o provedeném měření, zvláště pokud na jeho základě činí závěry - ovlivnění montáže potrubí rušením korónou. Student nejenže neprokázal způsobilost měřicího přístroje k diagnostice koróny ale ani neuvážil, že pro korónu je charakteristická superpozice pulzů pouze v okolí maximální hodnoty základní harmonické napětí. Tomu ale oscilografy zcela neodpovídají. Autor uvádí, že provedl celkem 18 takových měření, proč je tedy nevyhodnotil (např. četnost pulzů v oblasti max. hodnoty), aby potvrdil svoji domněnku. Druhé měření provedené k ověření výpočtu v kapitole 5 je z pohledu vyjádření měřicí nejistoty ještě méně věrohodné. O měřicím přístroji je uvedeno ještě méně informací a shoda měřených a spočtených hodnot v tab. 5.3 se tak jeví jako naprosto náhodná.

Pokud by autor vše náležitě neobjasnil a nevyvrátil uvedené pochybnosti, nemohu považovat všechny stanovené cíle disertace za splněné. Příspěvek k optimalizaci umístění omezujícího vodiče lze akceptovat, ale k samotným hodnotám redukčních činitelů vyjadřujících úroveň stínění magnetického pole omezujícím

páskem jsem z výše uvedených důvodů velmi rezervovaná. Podobně hodnotím i splnění cíle analýzy vlivu kabelového vedení na souběžné potrubí. Jediným cílem, který je z mého pohledu splněn, je vyhodnocení vlivu nesymetrie reálného provozu nadzemního vedení na izolované potrubí z hlediska úrovně indukovaného napětí. Shodu vypočtených a naměřených hodnot sice nelze považovat za prokazatelnou, ale autor touto případovou studií prokázal zanedbatelný vliv normálních provozních stavů nadzemních vedení na souběžná potrubí. Učinil tak na základě výpočtu indukovaných napětí postupem uvedeným v ČSN. V úvodu naznačenou možnost ovlivnění funkce katodické ochrany tímto napětím však dále nerozvedl.

Stanovisko k výsledkům a k přínosu

Výsledky práce považuji zčásti za diskutabilní a špatně prezentované a zčásti za produkt aplikace již zavedených projektantských postupů, tedy správné (výhradu mám pouze ke vztahu 5.4 na str. 45, který nevyjadřuje podstatnou skutečnost, že potenciál mezi potrubím a zemí závisí na místě podél souběhu), ale bez vědeckého potenciálu. Vzhledem k tomu je přínos předkladatele k tématu disertace poměrně malý, a přestože je v práci znát odborná erudice a zasvěcený přístup, rozhodně tu není žádný přínos vědecký.

Mezi přínosy je dále uvedeno i rozšíření softwarové aplikace o výpočet indukovaného napětí v souběžném potrubí při provozním stavu silového vedení. Tento přínos je však těžko hodnotit, protože nelze srovnat původní a současný stav zmíněného výpočetního nástroje a také tady chybí podstatné informace o programu.

Systematika, přehlednost, formální úprava, jazyková úroveň

Ačkoli je text práce přehledný a strukturovaný logicky do jednotlivých kapitol, je orientace v něm problematická díky již zmíněné stručnosti a dále také vlivem nekonzistentní terminologie (záměna měrné rezistance a rezistivity nebo měrné konduktance a konduktivity) nebo místy neobratného jazyka. Například na str. 17 se uvádí: „Změnami parametrů systému se zabývá [11], kde se uplatňují konstantní hodnoty dílčích parametrů v celém systému.“. Autor v práci čísluje nejen vztahy a rovnice, ale také prosté přiřazení číselných hodnot jednotlivým symbolům, které navíc v kapitole 4.2.1 vydává za výpočet. Naopak u většiny tabulek příklad výpočtu chybí, takže není patrné, jak byly jednotlivé hodnoty získány (tabulky 4.1 až 4.4 nebo graf na obr. 4.6). Velmi neobvyklý je také způsob citování zdroje [37] na str. 14 a 15 dohromady celkem 11 krát.



Publikace studenta

Z celkového počtu 19 vlastních publikací je uvedeno 13 výzkumných zpráv, ČSN 332165, 2 stejnojmenné články (jeden v tuzemském a jeden ve Slovenském časopisu) a 3 konferenční příspěvky. Jediný článek je napsán anglicky a publikován na mezinárodní úrovni. Co se týče standardu ČSN 332165, měl by předkladatel objasnit, do jaké míry je původcem této publikace a do jaké míry byl v této publikaci převzat standard stejného označení, jehož platnost skončila v roce 2014.

Jednoznačné vyjádření

Nedoporučuji k obhajobě.

Dotazy

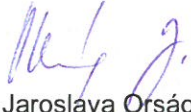
Jak byl určen proud zemním lanem na str. 50?

Je napětí zjištěné měřením č. 1 (str. 62) mezi potrubím a zemí přeneseno ze souběžného vedení spíše kapacitní nebo induktivní vazbou?

Do jaké míry je postup pro určení indukovaných proudů a napětí použitý v případové studii a uvedený v ČSN 332165 shodný s postupem uvedeným v ČSN 332160?

Jaké úrovně trvalých indukovaných střídavých napětí mohou způsobit korozi potrubí nebo ovlivnit funkci katodické antikorozi ochrany?

V Brně, dne 3.10. 2017


doc. Ing. Jaroslava Orságová, Ph.D.