

Oponentský posudek doktorské disertační práce

Autor: **Ing. Richard Habrych**
Školící pracoviště: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická
Téma: **Systém regulace napětí a jalových výkonů v DS**
Oponent: **RNDr. Bohumil Sadecký, CSc**
ČEPS, a.s.

Téma předložené práce je velmi aktuální z hlediska kritérií a požadavků na hospodárnost, bezpečnost a kvalitu provozu distribučních soustav. V práci je ukázáno, jakým způsobem systémy regulace U a Q ovlivňují tato kritéria a jak je možno systémy regulace U a Q využívat k jejich zlepšení. V práci jsou dokumentovány základní změny a přínosy, kterou distribuční soustavě přinese implementace systému regulace U a Q. Práce je velmi rozsáhlá a obsahově bohatá, autor čerpal ze svých dlouholetých zkušeností získaných při vývoji a implementaci konkrétních systémů regulace U a Q.

Cílem práce bylo zejména ukázat možnosti získávání regulačního Q z dosud málo využívaných zdrojů, jako jsou závodní LDS s vnořenou výrobou a větrné parky, a navrhnout efektivní funkční zapojení jednotlivých typů akčních členů do regulačního systému U a Q v DS včetně jejich koordinace. Tohoto cíle dle mého soudu autor dosáhl. Rozbor způsobů zapojení akčních členů, podřízených sítí a farem VtE do systému regulace U a Q považuji za jádro a hlavní přínos předložené práce.

K formální stránce předložené práce: má 137 stran základního textu včetně obrázků a grafů. Je rozdělena na 12 kapitol a logicky postupuje od teoretických východisek až k praktickým příkladům realizace. Následuje výčet 8 použitých literárních pramenů, 40 vlastních publikací a 11 projektů z oblasti regulace U a Q. Práce je sepsána pečlivě, drobné jazykové nepřesnosti jsou zanedbatelné a nemají vliv na srozumitelnost textu. Text je bohatě graficky dokumentován.

Kapitola 3 začíná od teorie – fyzikálních vazeb mezi U a Q, P a kmitočtem a podrobněji rozebírá vliv změn napětí na zatížení a na parametry zařízení. Je zde rovněž uveden princip regulačního algoritmu U a Q – citlivostní koeficienty vlivu změn injekcí Q v uzlech na změny napětí v uzlech při dané topologii a provozním stavu soustavy. Dále je zde představena koncepce pilotních uzlů a popis typické regulované soustavy 110 kV.

Kapitola 4 obsahuje rozbor kritérií hospodárnosti, kvality a bezpečnosti provozu a jejich ovlivňování ze strany systému regulace U a Q. Je uvedeno základní schéma systému regulace U a Q a jeho funkční popis.

V kapitole 5 se autor věnoval metodám optimalizačních výpočtů zadaných napětí v pilotních uzlech při terciární regulaci U a Q (TRN, OPF) a minimalizaci technických ztrát. V kapitole 6 jsou popsány principy systému ASRU – udržování zadaného napětí v pilotních uzlech v tolerančním pásmu, varianty realizace, používané akční členy. Jsou uvedeny nevýhody a výhody jednotlivých variant regulace U a Q.

Kapitola 7 podrobně popisuje akční členy systému regulace U a Q, zapojení generátorů, transformátorů a kompenzačních prostředků do systému, jejich charakteristiky, regulační schopnosti a provozní omezení, a to se speciálním zaměřením i na farmy větrných elektráren.

Kapitoly 8 a 9 jsou dle mého soudu nejvýznamnější částí práce. Kapitola 8 se zabývá významným regulačním potenciálem Q, který mají vnořené závodní LDS s vlastními generátory.

Jsou uvedeny 3 základní varianty zapojení generátorů v LDS a rozbor funkčnosti ASRU v jednotlivých variantách, a to na základě vlastních zkušeností autora z konkrétních realizací (Chemopetrol, Energetika Vítkovice, Arcelor Mittal).

V kapitole 9 se autor věnoval problematice ASRU větrných parků a uvedl jejich regulační možnosti v oblasti Q na příkladu realizace ASRU ve VP Horní Loděnice, včetně rozboru regulačních vlastností v provozu.

Kapitola 10 pojednává o technicko – ekonomických přínosech regulace U a Q, a to systematicky pro jednotlivé subjekty (odběratel, DS, výrobní) s konkrétními příklady, jako snížení ztrát, menší kolísání napětí, snížení počtu regulačních zásahů na trafecích, zvýšení stability U a další.

Kapitola 11 se zabývá analýzou možností snižování technických ztrát činného výkonu pomocí terciární regulace U a Q a jejich optimalizace metodou OPF (Optimal Power Flow). Na modelových výpočtech uzlové oblasti 110 kV Horní Životice, kde se připravuje instalace většího počtu VtE, autor ukazuje možnost úspory až 9 % ztrát.

V závěrech autor správně zdůraznil základní pozitivní změnu, kterou přináší implementace systému regulace U a Q pro kvalitu napětí v distribuční soustavě. Práce je pozoruhodná systematickým přístupem k problematice regulace U a Q v celé její šíři. Pro řešitele systémů regulace U a Q jsou cenné rovněž podkapitoly „Poznámky“ uvedené na závěr každé kapitoly, v nichž autor prezentuje problémy zjištěné v praxi. Výsledky jsou významné z hlediska jejich využitelnosti v elektroenergetické praxi a práce přispívá k rozvoji poznání v dané oblasti výzkumu.

Autor ve své práci prokázal, že Q pro účely regulace lze efektivně získávat nejen klasickým způsobem z velkých zdrojů, ale i z podřízených sítí, závodních LDS a větrných parků. Ve své výzkumné praxi tyto poznatky ověřil na dynamickém modelu a též realizací konkrétních systémů regulace U a Q v praxi. Implementace těchto systémů v DS umožnila přechod od neregulované soustavy k regulované, kdy je napětí udržováno v zadaném úzkém pásmu.

Mám na autora práce následující dotazy:

- Je možno pro účely regulace U a Q v DS využívat i fotovoltaické elektrárny a jakým způsobem?
- Využívá se někde u nás, případně ve světě, varianta regulace U a Q bez samostatné stanice ARN, popsaná v kapitole 6.4.3, případně s jakými zkušenostmi?

Zhodnocení významu práce pro obor „Elektroenergetika“ : V práci je systematicky a v plné komplexnosti pojednána aktuální problematika regulace U a Q v distribučních soustavách, včetně možností využití nových typů zdrojů, což má velký význam pro teorii i praxi.

Stanovisko k původnímu přínosu předkladatele disertační práce: Hlavní přínos je v analýze a řešení obtížného úkolu efektivního využití nových akčních členů (LDS, VtE) v systému regulace U a Q a jejich koordinace. Navržené možnosti byly autorem úspěšně ověřeny v praxi.

Vyjádření k publikacím uchazeče: Je uvedeno 40 vlastních publikací na konferencích (včetně zahraničních), seminářích a v časopise Energetika. Tyto publikace pokrývají celé spektrum řešené problematiky a byly vždy základem pro odbornou diskusi na příslušném fóru a pro využití v praxi. Obsahují původní poznatky autora.

Oponentský posudek doktorské disertační práce – Ing. Richard Habrych

Závěrečné hodnocení: Podle mého soudu práce splnila stanovené cíle a obsahuje řadu nových poznatků. 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, 17. 10. 2012

Oponentský posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Richard Habrych

Název práce: Systém regulace napětí a jalových výkonů v DS

Předložená práce je zaměřena na aktuální problematiku regulace napětí a jalových výkonů v distribuční soustavě 110 kV. Autor klade zvýšený důraz na využívání obnovitelných energetických zdrojů, zejména fotovoltaických a větrných elektráren a také závodních elektráren vnořených v lokálních distribučních soustavách, jako akčních členů regulačního systému vedle standardně využívaných fosilních elektráren, tepláren a transformátorů PS/110 kV. V práci uvádí teoretická východiska k řešení dané problematiky a rozpracovává technická řešení Systému regulace napětí a jalových výkonů, determinuje přínosy implementace takového systému pro provoz a stabilitu distribuční soustavy.

Práce má 137 stran, je účelně rozdělena do 12 kapitol. V úvodní kapitole autor specifikuje problematiku, jejímž řešením se ve své disertační práci zabývá, zdůvodňuje její význam pro současnou praxi a uvádí přehled současné problematiky regulace napětí a jalových výkonů v DS. Současně zde předkládá cíle práce a metodiku zpracování. V kapitolách 3 a 4 analyzuje východiska regulace U a Q, strukturu i funkci systému jejich regulace. V kapitolách 5 až 9 se autor postupně zabývá terciární regulací napětí, automatickou sekundární regulací napětí (ASRU), akčními členy systému regulace U a Q, ASRU lokální distribuční soustavy a větrného parku. V kapitolách 10 a 11 pak analyzuje technickoekonomické přínosy regulace U a Q včetně metodiky výpočtů optimalizace technických ztrát v distribuční soustavě. Závěr práce krátce shrnuje získané poznatky a výsledky disertační práce.

Námět práce odpovídá oboru disertace. Z hlediska současného stavu vědy v oboru Elektroenergetiky se **jedná o velice aktuální problematiku**. Výsledky práce je možné prakticky využít při vymezení role fotovoltaických a větrných elektráren i závodních elektráren jako akčních členů regulačního systému U a Q v distribuční soustavě DS 110 kV.

Hlavní přínos disertace spočívá v komplexním rozboru problematiky regulace U a Q v distribuční soustavě 110 kV a návrhu řešení různých variant realizace Systému regulace U a Q. Zvláště významnou a přínosnou částí práce je řešení způsobu zapojení podřízených sítí a farem větrných elektráren do Systému regulace U a Q. Zde je nutné připomenout, že obecně je přínos řešení problematiky regulace U a Q dán důležitostí U jako jednoho ze dvou základních parametrů kvality provozu elektroenergetické soustavy a schopností Q pozitivně U ovlivňovat. Dostatek regulačního Q v soustavě je také nutnou prevencí napěťového kolapsu.

..

Z výše uvedeného je zřejmé, že **disertační práce vykazuje původní, přínosné části a stanovené cíle práce byly naplněny**. Také metodika zpracování a zvolené postupy pro vytvoření modelů použitých k dosažení stanovených cílů jsou v souladu s nástroji v současné době dostupnými. Ocenit je nutno komplexní přístup autora k řešené problematice i podrobnou dokumentaci získaných výsledků.

Práce je zpracována přehledně, srozumitelně, systematicky a má velice pečlivé grafické uspořádání. Je na velmi dobré odborné úrovni.

K práci mám tyto poznámky:

str. 70 – plocha rotoru má být 6362 m²


str. 141 – použitá literatura není uvedena dle normy

Práce je významná pro další rozvoj vědy i pro praxi a to zejména vzhledem k aktuální i perspektivní potřebě řešit také optimální začlenění a využití obnovitelných energetických zdrojů s velmi variabilním výkonem pro zásobování elektřinou.

Disertant uvádí v přehledu vlastní publikační činnosti celkem 40 prací a příspěvků ve kterých prezentoval výsledky své práce na tuzemských i mezinárodních konferencích zaměřených do oblasti elektroenergetiky a problematiky řešené v disertaci.

Závěrem konstatuji, že posuzovaná disertace Ing. Richarda Habrycha i jeho dosavadní vědecká činnost odpovídají požadavkům zákona č.111/98 Sb na udělení akademického titulu Ph.D. a proto **doporučuji disertační práci k obhajobě**.

V Plzni 24.10.2012



prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.
ZČU v Plzni, FEL
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Oponentský posudek disertační práce

Ing. Richard Habrych: Systém regulace napětí a jalových výkonů v DS.

Oponent : Prof. Ing. Josef Tlustý, CSc.
Katedra elektroenergetiky
ČVUT-FEL Praha

Uvedená práce se zabývá velmi aktuální problematikou regulace U a Q v distribučních soustavách (DS). Autor pojal práci velmi komplexně a zpracovává danou problematiku jak po stránce teoretické s důrazem na využití v DS, tak i praktickou stránku s řadou případových studií. Nedílnou součástí práce jsou i ekonomické aspekty řízení napětí a jalových výkonů v DS. Kandidát se zaměřil na optimalizaci procesů řízení, provedl řadu porovnání metod nasazení systémů řízení a efektivní zapojení různých zdrojů jalových výkonů pro optimální regulaci. Předložená práce se skládá, mimo úvod, z deseti základních bloků doplněných zhodnocením a řadou příloh.

Úvodní části mají informativní charakter a podávají obraz o cílech práce, současném stavu problematiky, definují základní pojmy a seznamují s metodou zpracování.

Další části třetí a čtvrtá se věnují fyzikálním vazbám jednotlivých veličin při regulaci a definují základní závislosti Q a U v DS, principy regulačních algoritmů a problematiku pilotních uzlů. Tyto kapitoly mají spíše rešeršní charakter, ale vhodně doplňují řešenou problematiku.

Pátá část je věnována terciální regulaci a podává informace o základních metodách optimalizačních řešení.

Šestá část zabývající se automatickou sekundární regulací napětí přináší nové aplikované vědecké práce a ukazuje vlastní přínos autora. Autor zde popisuje různé varianty regulací a provádí rozbor vlastností jednotlivých řešení.

Sedmá část je výčtem akčních členů systému regulace U a Q a podrobně popisuje jejich regulační schopnosti, technická omezení a provozní omezení

Osmá a devátá část je aplikační a je zde na případových studiích ukázána aplikace automatické sekundární regulace napětí ASRU jednotlivých lokálních distribučních systémů (LDS), studie jsou velmi dobře doplněny řadou grafů ukazující na přínos regulace v těchto soustavách. Zvláštní pozornost je také věnována ASRU větrného parku. Tato případová studie je velmi podrobně zpracována a přináší řadu nových poznatků a ukazuje na složitost řešení této problematiky u zdroje s velmi kolísavou výrobou činné energie a důležitost spolupráce v systému.

Desátá kapitola je věnována technickoekonomickým přínosům regulace Q a U a ukazuje na jednotlivé přínosy v řadě příkladů.

Jedenáctá závěrná kapitola zpracovává metodiku pro optimalizační výpočty a formou případových studií ukazuje na přínosy regulace pro DS.

Přístup autora k uvedené problematice je velmi fundovaný a vytvořil hodnotné dílo s řešící významný pro provoz distribučních systémů a předkládá účinné metody pro řešení regulace napětí v DS. Z celé práce vyplývá, že se autor s danou problematikou dlouhodobě zabývá a má velké teoretické i praktické zkušenosti s nasazováním uvedeného systému do DS.

Některé poznámky, dotazy a připomínky k disertační práci:

- Práce přináší řadu případových studií, které lokálně řeší problematiku regulace Q a U, v řadě případů je ukázána nedostatečná koordinace regulace. Mohl by autor jenom kvantitativně vysvětlit, zda by koordinací všech stupňů systému LDS, DS a PS mohlo dojít k dalším technickoekonomickým přínosům?
- Je otázka ztrát při regulaci napětí v DS klíčová (je-li např. úspora 8% ze stávajících ztrát), nebo jsou důležitější další přínosy.

-
Obecně mohu konstatovat, že téma disertační práce je velmi aktuální a jeho řešení je přínosné pro rozvoj elektroenergetiky. Podle mého názoru jsou stanovené cíle disertační práce splněny, velmi oceňuji interdisciplinární přístup autora k řešení. Práce je velmi přínosná především pro svůj komplexní pohled na celý elektroenergetický systém. Velmi oceňuji široký experimentální základ práce. Zvolené metody zpracování nesou známku velmi dobré teoretické erudice autora, který zároveň prokázal schopnost aktivně aplikovat teorii na konkrétní řešení velice aktuální technické problematiky.

Disertační práce přinesla nové vědecké poznatky pro oblast regulace U a Q v DS. Práce má velmi dobrou formální úroveň, je zpracována logicky a přehledně. Zahrnuje v sobě jak problematiku elektroenergetickou, tak i ekonomickou. I když publikační práce autora je poměrně rozsáhlá, uvítal bych zásadní teoretickou publikaci podporující uvedenou práci.

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

d o p o r u č u j i

předložit k obhajobě před komisí pro doktorské disertační práce.

V Praze dne 20. října 2012

Prof. Ing. Josef Tlustý, CSc.

