

Peter Adamec, Michal Kolcun

Možnosti regulácie tokov výkonov v elektrizačnej sústave

Článok sa zaoberá popisom možností regulácie tokov výkonov v elektrizačných sústavách použitím špecializovaných prostriedkov, ako sú HVDC zariadenia, FACTS zariadenia a špecializované transformátory typu PST. Možnosti využitia PST transformátora v Prenosovej sústave Slovenskej republiky boli analyzované na základe výpočtov na modeli UCTE v programe PSLF.

Kľúčové slová: HVDC, FACTS, PST, regulácia tokov výkonov

I. ÚVOD

Prenosová sústava Slovenskej republiky je súčasťou európskych prepojených sústav UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity). Jeden z vážnych problémov súčasnej európskej elektroenergetiky je problematika výrazného zaťaženia, prípadne preťaženia, niektorých prenosových vedení.

Vyššie využívanie prenosových prvkov v podmienkach obmedzeného investičného rozvoja sústav vedie k vzniku úzkych profilov a nebezpečných situácií v ich prevádzke. S rastúcimi prenosmi a výmenami tiež narastá nebezpečenstvo neriadených kruhových tokov, riziko preťažovania sietí a riziko zvýšenej pravdepodobnosti výpadkov. Potrebu regulovať toky výkonov v elektrizačných sústavách podčiarkuje aj výskyt posledných veľkých porúch, ku ktorým došlo v prepojených sústavách a mali za následok veľké obmedzenia v zásobovaní odberateľov s elektrinou.

Existujúce dispečerské prostriedky siete možno využiť na účely regulácie tokov výkonov, ale iba v obmedzenej miere. Z hľadiska dosiahnutia dostatočných a trvale udržateľných regulačných účinkov však treba uvažovať s použitím špecializovaných prostriedkov. Článok je zameraný na popis týchto prostriedkov z pohľadu regulácie tokov výkonov a taktiež na možnosti ich praktického využitia v Prenosovej sústave Slovenskej republiky. Technické možnosti týchto zariadení (HVDC – High Voltage Direct Current a PST – Phase Shifting Transformers) boli analyzované na modeli UCTE v programe PSLF.

II. SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA PROBLEMATIKY REGULÁCIE TOKOV VÝKONOV V ES SR

Prevádzka a dispečerské riadenie elektrizačnej sústavy (ES) na jednej strane siete vyžaduje možnosti riadenia tokov v sieťach, na druhej strane však trpí sústavným nedostatkom týchto prostriedkov. V ES krajín západnej Európy a v USA rozvoj sústav dospel k potrebe uplatňovania aktívnych prvkov na riadenie toku výkonov v sieťach už skôr.

V ES SR sa v minulosti vzhľadom na jej centrálné riadenie nevyskytovala väčšia potreba regulovať toky činných výkonov. V súčasnosti sa však tieto trendy výrazným spôsobom menia a narastá záujem a potreba o aktívne riešenie regulácie toku výkonov v sieťach aj v našich podmienkach.

Súčasný prostriedky na ovplyvňovanie tokov výkonov v sieťach ako sú:

- ovplyvnenie prevádzky zdrojov,
- riadenie spotreby,
- zmena topológie siete,
- vyčlenenie oblasti zásobovania,
- vydelená prevádzka zdrojov

sú z hľadiska svojich schopností a použitia v dnešných vzrastajúcich potrebách nedostatočné a prakticky málo použiteľné. Jediný efektívny spôsob je využitie nových špecializovaných prostriedkov, ku ktorým patria HVDC zariadenia, FACTS zariadenia a špecializované transformátory typu PST [2, 3, 4, 5].

III. ŠPECIALIZOVANÉ PROSTRIEDKY NA REGULÁCIU TOKOV VÝKONOV V ES

HVDC ZARIADENIA

Súčasný jednosmerný prenos (HVDC – High Voltage Direct Current) predstavuje medzičlánok v striedavej sústave, zložený z usmerňovača, jednosmerného vedenia (v prípade jednosmernej spojky vedenie nie je), striedača a celého radu príslušenstiev, hlavne filtrov na potlačenie spätného vplyvu vyšších harmonických na striedavé siete na vstupe a výstupe, zdrojov jalového výkonu (kondenzátory, synchronne kompenzátory) slúžiace na dodávku potrebného jalového výkonu v mieste jeho spotreby, vyhladzovacích tlmiviek a spínacích prvkov [10].

Na základe doterajších technických a ekonomických skúseností zo zahraničných sústav možno povedať, že jednosmerný prenos je účelné využiť na:

- prenos veľkých výkonov na veľké vzdialenosti,
- prepojenie elektrizačných sústav striedavého prenosu o rôznych frekvenciách, resp. asynchronných sústav,
- zvýšenie stability veľkých elektrizačných sústav - rozdelenie elektrizačnej sústavy na menšie časti a ich jednosmerné prepojenie.

Stanice HVDC sú veľmi dobre regulovateľné a umožňujú podľa potrieb rýchlo meniť veľkosť aj smer prenášaného výkonu (s dopadom na pripojenú striedavú sieť).

S prihliadnutím na spomenuté výhody jednosmerného prenosu by v našich podmienkach bolo možné s nimi uvažovať pri prepojení UCTE smerom na východ (Ukrajina, Rusko) [3].

FACTS ZARIADENIA

FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System - pružný striedavý prenosový systém) sú organizáciou IEEE (the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) definované ako striedavé prenosové systémy na báze výkonovej elektroniky a iných statických regulátorov (nie na báze výkonovej elektroniky) na zlepšenie regulovateľnosti a zvýšenie výkonovej prenosovej schopnosti vedení. Medzi regulovateľné parametre patrí napr. napätie, prúd, impedancia, fázový uhol.

Skupina FACTS zariadení je pomerne široká. Ich praktický rozvoj bol v ostatných rokoch umožnený pokrokom v rozvoji technológie výkonovej elektroniky v oblasti pre využitie na vvn a zvn.

Medzi zariadenia FACTS na reguláciu tokov činných výkonov je možné zaradiť:

- Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC) – Tyristorovo riadený sériový kondenzátor,
- Thyristor Switched Series Capacitor (TSSC) – Tyristorovo spínaný sériový kondenzátor,
- Static Synchronous Series Compensator (SSSC) – Statický synchronný sériový kompenzátor [1, 9].

ŠPECIALIZOVANÉ TRANSFORMÁTORY

Jedným z prakticky využiteľných prostriedkov na reguláciu tokov činného výkonu s dostatočným regulačným vplyvom (a pritom aj ekonomicky dosiahnuteľným) sú špecializované transformátory. Konštrukčne sú usposobené na reguláciu tokov výkonu v prepojených sústavách. Na svoju činnosť využívajú princíp uhlovej regulácie prevodu.

U transformátorov s uhlovou reguláciou prídavné napätie už nie je vo fáze so vstupným (alebo výstupným) napätím, ale je uhlovo natočené o násobok hodinového uhla 30° (najčastejšie 90°). Pri regulácii odbočiek sa mení tak výsledný napäťový prevod, ako aj vzájomný výsledný uhol medzi primárnym a sekundárnym napätím. Tento výsledný rozdiel môže dosahovať značné hodnoty, až cca 40° .

Tieto transformátory sú konštruované hlavne na reguláciu toku činných výkonov a prípadná regulácia napätia je skôr doplnujúcou funkciou.

Uhlovú reguláciu je možné využiť aj pri transformátoroch spájajúcich dve rôzne napäťové úrovne.

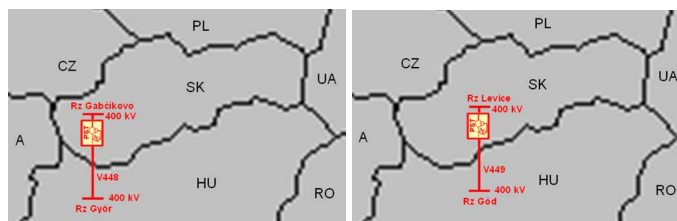
Z hľadiska využitia teda prichádzajú do úvahy oblasti, kde treba regulovať vzájomné prietoky medzi dvomi napäťovými hladinami – najčastejšie medzi sústavami 400 a 220 kV [2, 6].

IV. APLIKÁCIA REGULÁCIE TOKOV VÝKONOV NA MEDZIŠTÁTNYCH VEDENIACH PS SR NA MODELI UCTE

Schopnosť ovplyvňovania tokov činných výkonov využitím špecializovaných prostriedkov, konkrétne zariadenia PST bola analyzovaná na modeli prenosových sústav v rámci UCTE v programe PSLF pre stav ES dňa 29.11.2007 v čase 12.30 hod. Model obsahoval: 5784 uzlov (z toho 982 generatorických, 3262 záťažných), 7798 vedení, 1102 transformátorov.

APLIKÁCIA PST ZARIADENÍ

PST bol nasadený do profilu Slovensko-Maďarsko, jednotlivo do V448 a V449 (Obr. 1). Nameraný prenos energie za rok 2007 na tomto profile predstavuje hodnotu 9058 GWh, takže priemerné zaťaženie tohto profilu predstavuje hodnotu vyše 1000 MW.

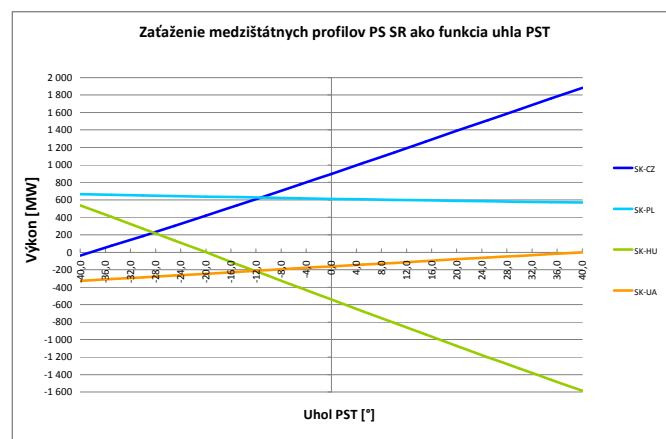


Obr. 1 Umiestnenie PST na profile SK-HU

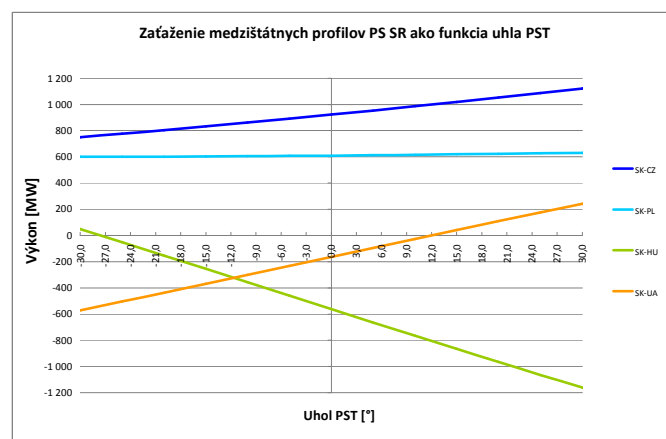
Z analýzy tokov výkonov po cezhraničných vedeniach vyplýva, že tok výkonu sa na tomto profile pohybuje v rozmedzí cca 400 až 1800 MW, čo s ohľadom na počet dvoch vedení poukazuje na možné riziká preťažovania v prípade vzniku neúplných stavov v oblasti, resp. na profile.

Vyhodnotenie regulačného vplyvu PST na zaťaženie medzištátnych profilov pri jeho umiestnení na V448, resp. V449 je uvedené na obr. 2 a obr. 3.

Vplyv PST na zaťaženie medzištátnych profilov pri maximálnom obmedzujúcom účinku PST (t.j. pri maximálnom zápornom uhle), je znázornený na nasledovných obrázkoch. Je tam znázornený východzí stav zaťaženia profilov, zmena toku oproti východzímu stavu na profile s PST, rozdelenie tejto zmeny na iné medzištátne profily a výsledný stav rozdelenia tokov.



Obr. 2 Regulačný vplyv PST na zaťaženie medzištátnych profilov pri umiestnení do V448



Obr. 3 Regulačný vplyv PST na zaťaženie medzištátnych profilov pri umiestnení do V449

V. ZÁVER A ĎALŠIE ODPORÚČANIA

Článok sa zaoberal analýzou možností regulácie tokov činných výkonov v Prenosovej sústave Slovenskej republiky. Predmetom analýzy boli cezhraničné vedenia, t.j. profily so susednými prenosovými sústavami, s ktorými má PS SR priame prepojenie. Na základe výsledkov, ktoré potvrdili schopnosť ovplyvňovať toky výkonov po vedeniach využitím špecializovaných prostriedkov je vhodné pokračovať v analýzach nasadením týchto prostriedkov na viacerých vedeniach (nie len medzištátnych, ale aj vnútorných) za účelom zvýšenia možnosti dispečerskeho riadenia. To znamená, využiť schopnosti týchto zariadení pre odľahčovanie alebo zaťažovanie zariadení z rôznych prevádzkových dôvodov, napr. predchádzaniu poruchových stavov, pri problematických kruhovaniach vedení alebo transformátorov, odstraňovaní námrazy na vedeniach a pod.

POĎAKOVANIE

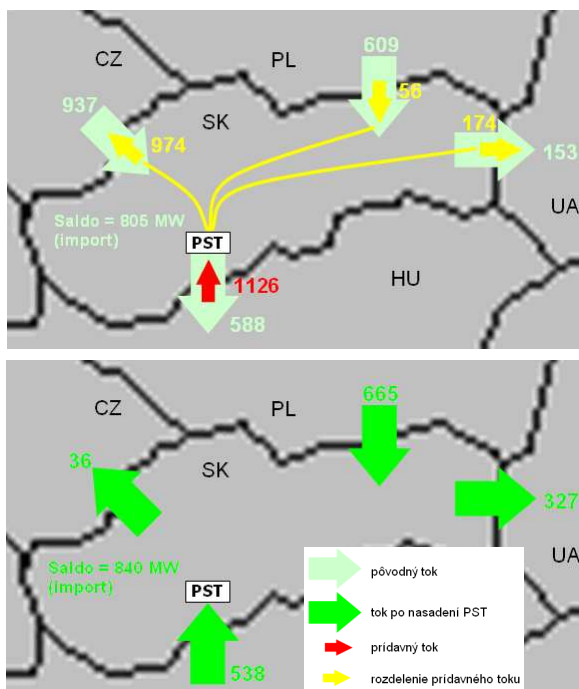
Článok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA - Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied č. 1/4072/07 a Agentúry na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory č. APVV-0385-07.

LITERATÚRA

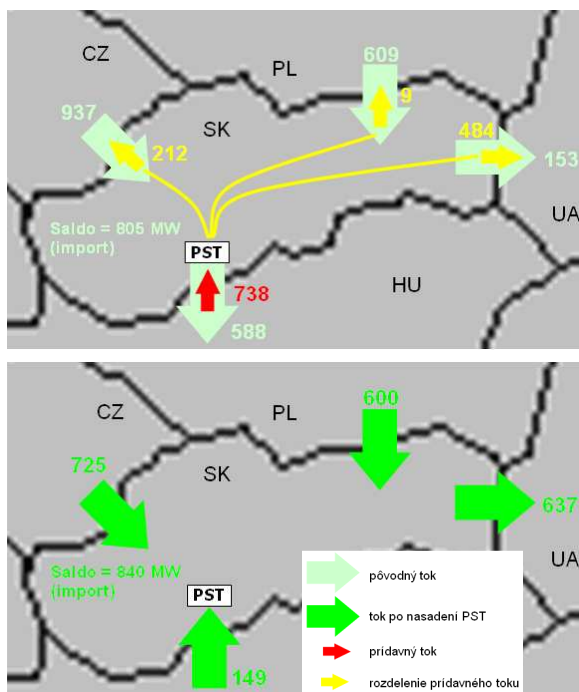
- [1] Hingorani, G. N., Gyugyi, L.: Understanding FACTS. Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems. New York: IEEE Press, 2000. 432 s. ISBN 0-7803-3455-8
- [2] Ptáček, J.: Regulace výkonů v propojených elektrizačních soustavách: Dizertačná práca. Brno: FEKT VÚT v Brne, 2004. 201 s.
- [3] Kolcun, M., Griger, V., Gramblička, M., Szathmáry, P., Jendryšík, V., Tomeček, J.: Riadenie prevádzky elektrizačnej sústavy. Košice: Mercury – Smékal, 2001. ISBN 80-89061-57-5
- [4] Mészáros, A. - Beňa, E. - Rusnák, J.: Challenges to optimization techniques in a deregulated environment. In: Distributed Power Generation Systems 2005 : Plzeň, máj 2005. Plzeň : ZČU, 2005. p. 32-37. ISBN 80-7043-371-X
- [5] Beňa, E. - Rusnák, J.: The solution of optimisation problems in the operation control of the electric power system. In: EPE 2006: Proceedings of the 7th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2006 : Brno, May 16-18, 2006. Brno: Brno University of Technology, 2006. p. 37-43. ISBN 80-214-3180-6.
- [6] Duch, M. - Beňa, E.: Návrh komplexnej optimalizácie ES SR v liberálnom trhu s elektrinou. In: Elektroenergetika 2003 : The 2nd International Scientific Symposium, September 16-18, 2003 High Tatras - Stará Lesná, Slovak Republic. Košice : Mercury-Smékal, 2003. s. 214-216. ISBN 80-89061-80-X.
- [7] Hlubeň, Daniel: Electric energy losses calculation. In: Environmental impacts of power industry 2007. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2007. p. 50-55. ISBN 978-80-7043-541-0.
- [8] Hlubeň, Daniel: Contemporary state of electric energy losses calculation. In: 7th PhD Student Conference and Scientific and Technical Competition of Students of Faculty of Electrical Engineering and Informatics Technical University of Košice : Proceeding from Conference and Competition : 23.5.2007, Košice, Slovakia.
- [9] Fedor, Pavel – Perduková, Daniela - Timko, Jaroslav: Study of controlled structure properties with reference model. In: Acta Technica CSAV. vol. 46 (2001), p. 167-179. ISSN 0001-7043.
- [10] Perduková, Daniela - Fedor, Pavel: Control of a continuous line with incomplete access to state variables. In: Journal of Electrical Engineering. roč. 48, č. 1-2 (1996), s. 3-9. ISSN 1335-3662.

ADRESY AUTOROV

Ing. Peter Adamec, Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s., Mlynské nivy 59/A, 824 84 Bratislava 26, Slovenská Republika, adamec_peter@sepsas.sk
 prof. Ing. Michal Kolcun, PhD., Katedra elektroenergetiky FEI TU v Košiciach Mäsiarska 74, 041 20 Košice, Slovenská Republika, michal.kolcun@tuke.sk



Obr. 4 Regulačný vplyv PST vo V448 na cezhraničné prenosy PS SR



Obr. 5 Regulačný vplyv PST vo V449 na cezhraničné prenosy PS SR

Ako vyplýva z uvedených výsledkov,

- pri umiestnení PST do vedenia V448 je jeho regulácia najviac spätá s prenosmi na profile SK-CZ,
- pri umiestnení PST do vedenia V449 je jeho regulácia najviac spätá s prenosmi na profile SK-UA.

Regulácia na profile SK-HU takmer neovplyvňuje prenosy na profile SK-PL [7, 8].