

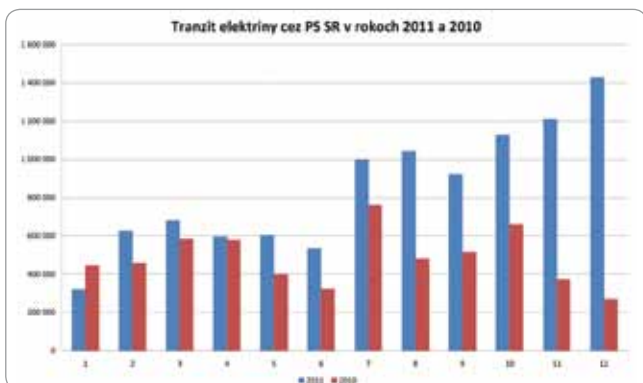
Bezpečnosť prevádzky ES SR zmenou topológie sústavy

Prevádzka prepojenej sústavy v rámci Regional Group Continental Europe (RG CE) je založená na princípe, že každý prevádzkovateľ prenosovej sústavy je zodpovedný za prevádzku svojej vlastnej regulačnej oblasti. Základným kritériom plánovania a prevádzky prenosovej sústavy (PS) je bezpečnostné kritérium (N-1), ktoré garantuje bezpečnosť sústavy aj po výpadku jedného prvku prenosovej sústavy. Prevádzková príručka RG CE Policy 3 definuje rámcové pravidlá bezpečnosti prevádzky sústavy s cieľom zabrániť akémukoľvek šíreniu jednej udalosti, t. j. výpadku jedného prvku v prenosovej sústave s vplyvom na medzinárodnú prevádzku, tzv. princíp „no cascading outside my border“ [1]. Každý prevádzkovateľ prenosovej sústavy (PPS) je zodpovedný s ohľadom na spoľahlivosť prevádzky za aplikáciu postupov vo všetkých etapách prípravy prevádzky, ako aj v reálnom čase. Preto sú vypracované postupy na aplikovanie kritéria (N-1) tak, aby každý prevádzkovateľ prenosovej sústavy zabránil akémukoľvek šíreniu poruchy mimo hraníc svojej regulačnej oblasti. Aplikácia kritéria (N-1) má zabrániť havarijnému stavu, ktorý vzniká tiež v dôsledku kombinácie určitých poruchových udalostí. Koordinácia medzi jednotlivými PS má zabezpečiť zvýšenie vzájomnej solidarity, aby sa zvládli riziká vyplývajúce z prevádzky prepojených sústav, prevenciu pred poruchami, poskytovanie pomoci v prípade porúch s cieľom znížiť ich dosah a tiež stratégiu obnovy prevádzky PS.

Nárast výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov v oblastiach Baltického a Severného mora, veľký import elektriny niektorých krajín južnej a juhovýchodnej Európy, ako aj vývoj cien elektriny v daných oblastiach spôsobujú zvýšené hodnoty tranzitov elektriny na väčšie vzdialenosti. Výmena elektriny dohodnutá obchodne na niektorých profiloch však z fyzikálnych dôvodov nezodpovedá skutočným reálnym tokom. Z dôvodu fyzikálnych vlastností prepojení medzi exportnými a importnými usernamei dochádza k vzniku neplánovaných kruhových tokov, ktoré sa uzatvárajú cez prenosové sústavy, cez ktoré výmena elektriny nebola obchodne dohodnutá. Tieto neplánované výkonové toky spôsobujú porušenie kritéria (N-1) v niektorých krajinách strednej Európy vrátane Slovenska.

Prevádzková príručka Policy 3 RG CE definuje opatrenia, ktoré môžu jednotliví prevádzkovatelia prenosových sústav realizovať, aby riešili situácie s neplnením kritéria (N-1), a to takto:

- zrušenie plánovaných prác na zariadeniach prenosovej sústavy, resp. prerušenie už vykonávaných prác v reálnej prevádzke využitím pohotovostného času,
- koordinovaná zmena topológie (rekonfigurácia),
- transformátory s priechnou reguláciou,
- redispesčing zdrojov,
- protiobchod,
- krátenie kapacít na profiloch,
- manuálne frekvenčné odľahčovanie (v podmienkach SR Plán obmedzovania spotreby) [1].



Obr. 1 Tranzit elektriny cez prenosovú sústavu SR v jednotlivých mesiacoch v rokoch 2011 a 2010.

Po vykonaných analýzach sa ako najefektívnejšie opatrenie na návrat prenosovej sústavy SR do stavu plnenia (N-1) ukázalo vykonanie rekonfigurácií.

Zhoršenie situácie v prenosovej sústave SR od júla 2011

V čase od júla 2011 je prenosová sústava SR takmer trvale ohrozená vysokými neplánovanými tokmi elektriny a z toho dôvodu sa v tomto čase často neplní kritérium (N-1). Tranzit elektriny v roku 2011 cez prenosovú sústavu SR a nárast oproti roku 2010 možno vidieť na obr. 1.

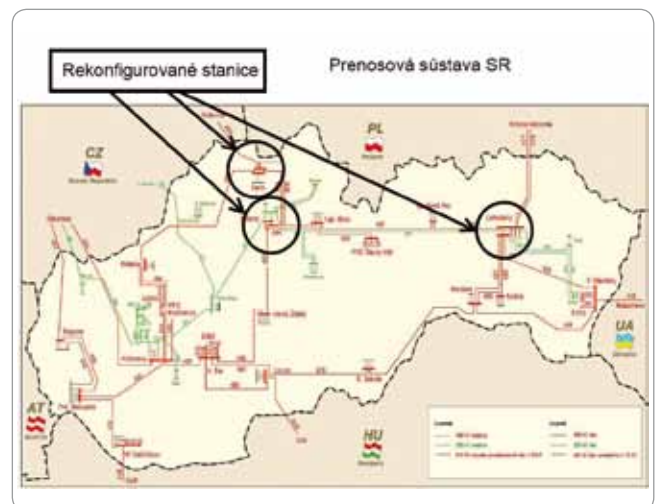
Dôvody rekonfigurácií

V prostredí liberalizovaného trhu s elektrinou je prevádzkovateľ PS povinný uprednostniť opatrenia vo svojej sieti pred obmedzovaním obchodných aktivít účastníkom trhu. Z tohto dôvodu sa pri riešení kritickej situácie v poslednom období v prenosovej sústave SR pristúpilo k vykonávaniu zmien topológie (rekonfigurácií) s cieľom zníženia prenosov na najviac zaťažených vedeniach.

Tranzity cez prenosovú sústavu SR dosahovali na konci roka 2011 v extrémnych prípadoch až 2 500 MW, čo predstavovalo zvýšené zaťaženie v podstate na všetkých cezhraničných profiloch, najmä však medzi Slovenskom a Ukrajinou, Českom a Slovenskom a Slovenskom a Maďarskom. Najzaťaženejšie z tohto pohľadu sú 400 kV vedenia V440 V. Kapušany (Slovensko) – Mukačevo (Ukrajina) a V404 Nošovice (Česko) – Varín (Slovensko). Sústava bola dlhodobo prevádzkovaná v „stave ohrozenia“, t. j. aktivované žlté svetlo v systéme RAAS – Real time Awareness and Alarm System, ktorý je prevádzkovaný v rámci regiónu CEE. V prenosovej sústave nebolo možné zabezpečiť dodržovanie bezpečnostného kritéria N-1 štandardnými nápravnými opatreniami ako zmenou napätových pomerov v sústave či zrušením plánovanej údržby.

Výkonové prenosy na cezhraničnom profile Slovensko – Ukrajina dosahovali v niektorých prípadoch úroveň prenosovej schopnosti vedenia. Prenosová schopnosť vedenia V440 V. Kapušany – Mukačevo je limitovaná nastavením prístrojového transformátora prúdu na ukrajinskej strane na 1 200 A, t. j. cca 830 MW. Na slovenskej strane je limitným prvkom vodič vedenia na 1 608 A.

Obdobná situácia bola na vedení V404 Varín – Nošovice, kde je limitným prvkom vodič 1 720 A a prenosová schopnosť vedenia cca 1 190 MW.



Obr. 2 Možnosti vykonávania rekonfigurácií v PS SR.

Príprava rekonfigurácií

Na základe uvedených skutočností sa urobila analýza možností vykonávania rekonfigurácií v PS SR. Analýzy sa robili pomocou simulačného programu PSLF, kde sa skúmal vplyv zmien topológie na zaťaženie jednotlivých vedení, ako aj vplyv zmien topológie na susedné regulačné oblasti. Na základe tejto analýzy bola definovaná možnosť vykonania efektívnych rekonfigurácií v nasledujúcich rozvodniach (obr. 2):

- Rz 400 kV Lemešany,
- Rz 400 kV Varín,
- Rz 400 kV Sučany,
- kombinácie rekonfigurácií [2].

Hlavný cieľ rekonfigurácie v Rz 400 kV Lemešany je zníženie tokov elektriny na profile medzi Poľskom a Slovenskom a tým dosiahnutie zníženia tokov elektriny na najslabšom mieste vedení 400 kV medzi Slovenskom a Ukrajinou V440 V. Kapušany – Mukačevo. Cieľom rekonfigurácie v Rz 400 kV Varín a Sučany je zníženie tokov na vedení 400 kV medzi Českou republikou a Slovenskom V404 Varín – Nošovice. Cieľom kombinácií rekonfigurácií je spojenie výhod jednotlivých samostatných rekonfigurácií.

Testy rekonfigurácií

Pred vykonávaním rekonfigurácií v štandardnej prevádzke prenosovej sústavy sa rozhodlo vykonať testy hlavne s cieľom overenia dynamických vplyvov na výrobcov elektriny lokalizovaných v blízkosti rekonfigurovaných rozvodní, vplyvu na prevádzku distribučných sústav a ďalších následných zmien v prevádzke elektrizačnej sústavy SR, ako sú straty a zmeny zaťaženia vnútroštátnych vedení.

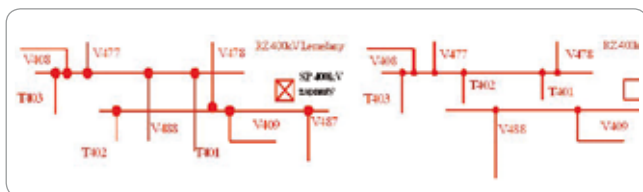
Testy boli rozdelené na dve etapy:

- test rekonfigurácie v Rz 400 kV Lemešany 13. decembra 2011,
- testy rekonfigurácií v Rz 400 kV Varín, Sučany a kombinácie 12. januára 2012.

Pred vykonaním testov bolo nutné zabezpečiť maximálnu koordináciu v príprave prevádzky, ako aj v operatívnej prevádzke medzi SEPS, a. s., a dotknutými zahraničnými partnermi a medzi SEPS, a. s., a dotknutými domácimi partnermi (prevádzkovateľmi distribučných sústav, U.S. Steel Košice, EBO atď.).

Rekonfigurácia v Rz 400 kV Lemešany bola realizovaná 13. 12. 2011 od 7:12 do 7:25 hod. Zmena zapojenia sústavy (rekonfigurácia siete) sa začala vypnutím 400 kV vypínača kombinovaného spínača prípojnic (KSP) v rozvodni Lemešany o 7:12 hod. (spôsob rekonfigurácie je na obr. 3), jej ukončenie bolo po zapnutí tohto 400 kV vypínača v rozvodni Lemešany o 7:25 hod. Následne boli o týchto skutočnostiach emailami informovaní dispečeri PPS v CEE regióne, telefonicky tiež dispečeri VSD, a. s., Košice a zmenový personál rozvodne U.S. Steel Košice.

Testy rekonfigurácií v Rz 400 kV Varín, Sučany a kombinácií boli vykonané 12. 1. 2012 v čase od 9:12 do 12:36. Pred testami sa urobili všetky potrebné opatrenia a informovali sa všetci dotknutí partneri. Výsledky testov sa neustále porovnávali s vypočítanými hodnotami a sledovali sa stavy a prenosi na všetkých prvkoch prenosovej sústavy, aby nebola ohrozená bezpečnosť prevádzky.



Obr. 3 Základné zapojenie a zapojenie v Rz 400 kV Lemešany po vykonaní rekonfigurácie

Výsledky testov rekonfigurácií

Po vykonaní rekonfigurácie v Rz 400 kV Lemešany sa sústava PS SR dostala do stavu plnenia kritéria (N-1), došlo k výraznému zníženiu tokov na profile Poľsko – Slovensko a tokov na najproblematickejšom

vedení 400 kV medzi Slovenskom a Ukrajinou V440 V. Kapušany – Mukačevo. Časť tokov takýmto spôsobom odklonená sa uzatvára cez profil medzi Poľskom a Českou republikou a následne sa vracia na územie Slovenska a uzatvára sa do Maďarska, resp. časť ide z Českej republiky do Rakúska. Testy rekonfigurácií v Rz 400 kV Varín, Sučany a kombinácie rekonfigurácií v Rz Varín s Lemešanmi ukázali zmysel vykonávania rekonfigurácie v Rz Varín 400 kV, ako aj kombinácií s cieľom zníženia tokov na 400 kV vedení V404 Varín – Nošovice. Samotná rekonfigurácia v Rz 400 kV Sučany nemala zásadný vplyv na riešenie problému. Testy rekonfigurácií potvrdili aj predpokladané výsledky simulačných výpočtov, ktoré boli porovnané z reálnymi hodnotami (tab. 1).

	Zmena tranzitu	Vplyv na V440	Vplyv na V404	Vplyv na cezhraničné profily	
				odľahčenie	zaťaženie
Lemešany	-350 MW (-16 %)	-630 MW (-73 %)	-	SK-PL	SK-CZ SK-HU
Varín 1	-22 MW (-1 %)	+26 MW (4 %) zaťaženie zo 76 % na 80 % P _{max}	-150 MW (-19 %) odľahčenie zo 63 % na 50 % P _{max}	SK-HU SK-CZ	SK-PL SK-UA
Varín 2	-160 MW (-7 %)	-60 MW (-9 %) odľahčenie zo 78 % na 71 % P _{max}	-380 MW (-49 %) odľahčenie zo 65 % na 33 % P _{max}	SK-CZ (14 %) SK-UA SK-HU	SK-PL (28 %)
Lemešany + Varín 1	-230 MW (-10 %)	-360 MW (-52 %) odľahčenie z 84 % na 40 % P _{max}	-230 MW (-29 %) odľahčenie zo 63 % na 48 % P _{max}	SK-PL (35 %) SK-UA (52 %)	SK-CZ SK-HU
Lemešany + Varín 2	-317 MW (-14 %)	-330 MW (-51 %) odľahčenie zo 79 % na 39 % P _{max}	-320 MW (-42 %) odľahčenie zo 65 % na 38 % P _{max}	SK-CZ (10 %) SK-UA (51 %) SK-PL (8 %)	SK-HU (5 %)

Tab. 1 Výsledky testov rekonfigurácií

Pri rekonfiguráciách je dôležité sledovať nielen zmeny výkonov na cezhraničných profiloch a hraničných vedeniach, ale skúmať aj zaťaženie vnútroštátnych vedení. Zmena zaťaženia na vnútroštátnych vedeniach vždy závisí najmä od aktuálneho zapojenia sústavy, rozdelenia výroby a spotreby a cezhraničných prenosov elektriny. Medzi najcitlivejšie vedenia z pohľadu rekonfigurácií možno zaradiť napríklad vedenia V426 Levice – R. Sobotka a V494 Liptovská Mara – Sučany či V495 Varín – Bošáca.

Záver

Testy rekonfigurácií v Rz 400 kV Varín, Lemešany a kombinácie rekonfigurácií v Rz 400 kV Varín s rekonfiguráciou v Rz 400 kV Lemešanmi ukázali požadovaný vplyv a sú aj budú využívané v reálnej prevádzke pri riešení problému neplnenia kritéria (N-1) v PS SR. Samotná rekonfigurácia v Rz 400 kV Sučany nemala požadovaný efekt na zmeny prenosov na sledovaných vedeniach.

Rekonfigurácie však majú okrem pozitívneho efektu zníženia neplánovaných tranzitných tokov cez PS SR aj niekoľko nevýhod. Jednou z nich je výrazné zvýšenie elektrických strát v prenosovej sústave, čo má značný vplyv na ekonomiku prevádzky sústavy aj na proces nákupu elektriny na krytie strát. Medzi ďalšie nevýhody patrí možné zníženie spoľahlivosti vnútornej časti prenosovej sústavy v danej oblasti, zníženie spoľahlivosti distribučných sústav, obmedzená možnosť paralelného spínania častí 110 kV sietí, obmedzenie údržbových a rekonštrukčných prác, ako aj potenciálny problém so synchronizačnými podmienkami pri prechode do základného stavu. Rekonfigurácie nemožno využiť ani pri niektorých údržbových a poruchových stavoch v sústave.

Nárast kritických situácií vplyvom veľkých tranzitov cez Európu bude, pravdepodobne, viesť k posilňovaniu cezhraničných profilov, k užšej koordinácii medzi susednými prevádzkovateľmi prenosových

sústav a k opatreniam, ktoré budú jednotliví prevádzkovatelia prenosových sústav vo svojich regulačných oblastiach zavádzať [3]. Rovnako možno očakávať väčšiu koordináciu pri implementácii nápravných opatrení medzi susediacimi PPS, aby sa dosiahol synergický účinok v kontexte bezpečnosti prevádzky celej prepojenej sústavy RG CE.

Litertúra

- [1] RG CE Operation Handbook, Policy 3: Operational Security, ENTSO-E, 2009. Dostupné na internete: <<http://www.entsoe.eu>>
- [2] Dispečerský pokyn č. 2/1: Postup pri realizácii rekonfigurácií v PS SR, SEPS, a. s., 2012.
- [3] Klajb, D.: Critical situation in December 2011 and an advice for next years. Presentation CEPS.

[4] Altus J.: Prenos elektrickej energie. Žilina: EDIS Žilina 2005. ACB, 178 s. ISBN 80-8070-343-4.

[5] Internetová stránka prevádzkovateľa prenosovej sústavy na Slovensku. [online]. SEPS, a. s., 2012. Dostupné na internete: <<http://www.sepsas.sk>>

Ing. Martin Jedinák
martin.jedinak@sepsas.sk

Ing. Stanislav Prieložný
stanislav.prielozny@sepsas.sk

Ing. Rastislav Šmidovič, PhD.
rastislav.smidovic@sepsas.sk

Slovenská elektrizačná prenosová sústava a.s.,
Obchodná 2, 010 08 Žilina