

Ing. Martin Jedinák

Autoreferát dizertačnej práce

NÁPRAVNÉ OPATRENIA PRE DODRŽIAVANIE BEZPEČNOSTNÉHO KRITÉRIA N-1

na získanie akademickej hodnosti doktor (philosophiae doctor, PhD.)

v doktorandskom študijnom programe: **Elektroenergetika**

v študijnom odbore 5.2.30 Elektroenergetika

Miesto a dátum: Bratislava, 30.06.2015

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Ing. Martin Jedinák

Autoreferát dizertačnej práce

NÁPRAVNÉ OPATRENIA PRE DODRŽIAVANIE BEZPEČNOSTNÉHO KRITÉRIA N-1

na získanie akademickej hodnosti doktor (philosophiae doctor, PhD.)

v doktorandskom študijnom programe:

Elektroenergetika

Miesto a dátum: Bratislava, 30.06.2015

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia

Na Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, Fakulta
elektrotechniky a informatiky
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Martin Jedinák
Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, Fakulta
elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Školiteľ: prof. Ing. František Janíček, PhD.
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Oponenti: prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ing. Karol Kósa, PhD.
Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a. s.

Autoreferát bol rozoslaný: 30.06.2015

Obhajoba dizertačnej práce sa koná: 27.08.2015

Na Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita
v Bratislave, Ilkovičova 3, miestnosť C-417, blok C, 4. poschodie

prof. Dr. Ing. Miloš Oravec
dekan FEI STU

Obsah

Úvod	4
Ciele dizertačnej práce:	5
1 Súčasný stav riešenej problematiky	6
1.1 Pravidlo N-1	6
1.2 Nápravné opatrenia	6
1.3 Nápravné opatrenia implementované v PS SR	6
1.3.1 Prerušenie údržbových prác na vypnutých zariadeniach	6
1.3.2 Zníženie kapacít cezhraničných profilov	6
1.3.3 Vypínanie vedení	7
1.3.4 Koordinovaná zmena topológie (rekonfigurácia)	7
1.3.5 Zníženie cezhraničných výmen	7
1.3.6 Vypnutie ohrozených prvkov	7
1.3.7 Odľahčenie siete (obmedzenie spotreby)	7
1.4 Negatívne dopady rekonfigurácie na ES SR	7
1.4.1 Zvýšenie strát v PS	7
1.4.2 Nárast zaťaženia na ostatných prvkoch ES	7
1.4.3 Sekundárne neplnenie kritéria N-1 po realizácii rekonfigurácie	8
1.4.4 Problém obnovy základného zapojenia, synchronizačné limity rozvodní	8
1.4.5 Riziká zapojení uzlových oblastí	8
1.4.6 Dopady na sústavy mimo SR	8
2 Možnosti realizácie rekonfigurácií a redispečingu ako opatrení na slovensko-českom profile	8
2.1 Slovensko-český cezhraničný profil	8
2.2 Popis simulačného modelu	9
2.3 Rekonfigurácie rozvodní	10
2.3.1 Možnosti rekonfigurácií rozvodní v PS SR	10
2.3.2 Možnosti rekonfigurácií rozvodní v PS ČR	13
2.3.3 Postupy aktivácie rekonfigurácie v dispečerskom riadení	13
2.4 Cezhraničný redispečing	15
2.4.1 Popis metodiky pre uplatnenie redispečingu na slovensko-českom profile	15
2.4.2 Analýza potenciálnych zdrojov	15
2.4.3 Zhodnotenie dosiahnutej účinnosti redispečingov podľa aktivovaných zdrojov	16
2.4.4 Výpočet žiadanej zmeny výkonového toku	17
2.4.5 Obstarávanie výkonu potrebného pre redispečing	17
2.4.6 Multikriteriálne vyhodnotenie ponúk pre obstarávanie redispečingu	17
2.4.7 Postup aktivácie redispečingu v dispečerskom riadení	18
2.5 Rozdelenie nákladov cezhraničných nápravných opatrení	19
2.5.1 Rozdelenie nákladov redispečingu	19
3 Prínos navrhnutých procesov a metodík pre prax	20
3.1 Rekonfigurácia v praxi	20
3.2 Redispečing v praxi	21
Záver	22
Vybraná použitá literatúra	23
Zoznam publikácií autora súvisiacich s problematikou dizertačnej práce	24

Úvod

Bezpečnosť prenosových sústav je v súčasnosti často skloňovaným pojmom nielen v technických kruhoch, ale po niekoľkých bezpečnostných incidentoch začiatkom 21. storočia (2003 - blackout Talianska, 2006 - rozpad kontinentálnej Európy a pod.) aj v rámci širokej verejnosti. Prevádzka prenosových sústav je pod drobnohľadom národných regulátorov, vlád či Európskej únie. Tlak účastníkov trhu s elektrinou (dodávateľov a odberateľov) na sústavný rast obchodných príležitostí a maximalizáciu obchodovaných objemov elektriny prináša so sebou zvýšené riziko neplánovaných udalostí. Takéto riziko spočíva, okrem výskytu prevádzkových porúch, najmä v neplánovaných výkonových tokoch medzi jednotlivými oblasťami, ktoré majú výrazný vplyv na bezpečnosť prevádzky prenosových sústav.

Hlavným kritériom bezpečnej prevádzky prenosovej sústavy sledovaným na všetkých úrovniach prípravy prevádzky aj samotnej reálnej prevádzke je bezpečnostné kritérium N-1. Z teoretickej stránky je postavené na pravidle prevádzkovať sústavu aj po strate akéhokoľvek prvku sústavy bez spôsobenia reťazovej nekontrolovateľnej reakcie. V rámci synchronne prepojenej sústavy kontinentálnej Európy sa dodržiavanie tohto kritéria vyžaduje najmä s ohľadom na dopady mimo hraníc konkrétneho prevádzkovateľa prenosovej sústavy.

Povinnosťou každého prevádzkovateľa prenosovej sústavy je vypracovať nápravné opatrenia pre dodržovanie bezpečnostného kritéria N-1, jednak pre vznik prvej poruchy, ale rovnako je povinnosť vypracovať nápravné opatrenia po vzniku prvej poruchy. Do úvahy prichádzajú hlavne topologické opatrenia, ale aj opatrenia na strane výroby a spotreby v dotknutej lokalite. V synchronne prepojenej sústave majú všetky realizované opatrenia vplyv aj na okolitých prevádzkovateľov prenosových sústav, preto je nutná úzka koordinácia aj v procese prípravy, aj pri realizácii opatrení v reálnom čase. Rovnako je relevantná aj požiadavka prevádzkovateľov, ktorí sú nútení realizovať takéto opatrenia z dôvodu neplánovaných tranzitných tokov na zdieľanie súvisiacich nákladov.

Dizertačná práca popisuje zásady riadenia prevádzky sústavy s ohľadom na dodržovanie bezpečnostného kritéria N-1. Príprava, analýza a realizácia nápravných opatrení sú každodennou agendou elektroenergetických dispečingov v celej prepojenej sústave Regional Group Continental Europe. Jadrom teoretickej časti sú práve odporúčania z Prevádzkovej príručky a interných predpisov prevádzkovateľa prenosovej sústavy na Slovensku. Významným prvkom v procesoch prípravy, realizácie, ale hlavne koordinácie jednotlivých nápravných opatrení sú regionálne iniciatívy. Ich význam v súčasnosti narastá, nakoľko koordinované opatrenia sa javia ako najefektívnejšie aj z pohľadu výsledného vplyvu na obnovenie stavu plnenia bezpečnostného kritéria N-1, aj z pohľadu finančných nákladov na ich realizáciu.

Dispečer prenosovej sústavy je v reálnej prevádzke často postavený do situácie, kedy musí riešiť neplnenie bezpečnostného kritéria N-1. Najčastejším dôvodom neplnenia bezpečnostného kritéria N-1 sú neplánované toky elektriny cez našu prenosovú sústavu, mnohokrát v kombinácii s údržbovými stavmi na kľúčových spojovacích vedeniach. V praxi má dispečer k dispozícii len obmedzenú množinu opatrení: využitie pohotovostného času na údržbové práce na vedeniach, rekonfigurácie v rozvodniach Varín a Lemešany, či vypnutie ohrozovaného prvku. Ostatné nápravné opatrenia sú momentálne len v teoretickej rovine, bez bližšej analýzy dopadov na prevádzku či už našej sústavy alebo okolitých sústav. Rovnako nie sú v súčasnosti riešené ekonomické dopady jednotlivých opatrení, ani prípadné zdieľania finančných nákladov s okolitými prevádzkovateľmi sústav.

Cieľom práce je spracovať súčasný stav implementovaných nápravných opatrení v prenosovej sústave Slovenskej republiky so zameraním sa na s nimi súvisiace negatívne dopady na prevádzku sústavy. Na základe analýzy situácie na československom profile sú navrhnuté nové opatrenia na obnovu stavu plnenia kritéria N-1, resp. na zabránenie preťaženiu prvkov na tomto profile. Týmito opatreniami sú nové možnosti rekonfigurácií ako reprezentácie topologických opatrení, redispečingy zas reprezentujú opatrenia na strane zmeny nasadenej výroby. Ambíciou práce je v rámci nových navrhnutých opatrení komplexne navrhnuť proces prípravy, aktivácie/deaktivácie a vyhodnotenia (až po moment finančného zúčtovania) tak, aby boli výsledky práce následne aplikovateľné v dispečerskom riadení elektrizačnej sústavy.

Ciele dizertačnej práce:

Cieľom dizertačnej práce je rozšírenie množiny realizovateľných nápravných opatrení pre plnenie bezpečnostného kritéria N-1 v rámci dispečerského riadenia elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky. Predstavením opatrení rekonfigurácie a redispečingu, spracovaním fyzikálnej podstaty opatrení, základných kritérií implementácie, návrhom konkrétnych opatrení a zhodnotením nákladovej stránky realizácie možno v konečnom dôsledku dospieť k aplikovateľnému návrhu komplexného procesu implementácie pre prevádzku v reálnom čase.

Pre dosiahnutie hlavného cieľa dizertačnej práce bol stanovený postup riešenia podľa nasledovných téz dizertačnej práce:

- 1) Analýza súčasného stavu plnenia bezpečnostného kritéria N-1 s ohľadom na negatívne dopady implementovaných nápravných opatrení v PS SR.
- 2) Možnosti realizácie redispečingu a rekonfigurácie ako nápravného opatrenia na slovensko-českom profile.
- 3) Vytvorenie sieťových modelov pre posúdenie vplyvu navrhnutých možností redispečingu a rekonfigurácie na bezpečnosť prevádzky PS SR.
- 4) Návrh procesov implementácie a prerozdelenia nákladov realizácie redispečingu a rekonfigurácie v dispečerskom riadení.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

Hlavným kritériom bezpečnej prevádzky prenosovej sústavy sledovaným na všetkých úrovniach prípravy prevádzky aj samotnej reálnej prevádzke je bezpečnostné kritérium N-1. Bezpečnostné kritérium N-1 je vyhodnocované na úrovni „plnené“/„neplnené“. Pravidlá medzinárodnej spolupráce synchronne prepojených sústav (najmä Prevádzková príručka – Operation Handbook (OH) regionálnej skupiny kontinentálna Európa - Regional Group Continental Europe (RG CE) [1] a Prevádzkové zmluvy medzi prevádzkovateľmi sústav) neumožňujú vyhodnocovať bezpečnosť na základe iných kritérií či hodnotiacich postupov. Povinnosťou každého prevádzkovateľa prenosovej sústavy je vypracovať nápravné opatrenia pre dodržovanie bezpečnostného kritéria N-1, jednak pre vznik prvej poruchy, ale rovnako je povinnosť vypracovať nápravné opatrenia aj po vzniku prvej poruchy. V synchronne prepojenej sústave majú všetky realizované opatrenia vplyv aj na okolitých prevádzkovateľov prenosových sústav, preto je nutná úzka koordinácia aj v procese prípravy, aj pri realizácii opatrení v reálnom čase.

1.1 Pravidlo N-1

Žiadna udalosť zo súboru porúch (normálne a výnimočné typy porúch zohľadnené v súbore porúch) nesmie ohroziť bezpečnosť prepojenej prevádzky. Po žiadnej z týchto porúch nesmie viesť prevádzkový stav v rámci oblasti zodpovednosti PPS k spusteniu nekontrolovateľnej kaskádovej odstavky, ktorá sa šíri cez hranice alebo má dopad mimo hraníc: „žiadne kaskádovanie s dopadom mimo mojich hraníc“ [1, 2].

1.2 Nápravné opatrenia

Nápravné opatrenie predstavuje akékoľvek opatrenie, ktoré včas PPS uplatní, aby bolo v sústave plnené bezpečnostné kritérium N-1 s ohľadom na výkonové toky a napäťové limity. V rámci prevádzky PS v kontexte aplikácie nápravných opatrení, možno rozlišovať dva typy nápravných opatrení:

- Preventívne nápravné opatrenie: sú opatrenia zahájené vopred, v tom prípade, ak nie je istota efektívneho a promptného zvládnutia situácie po vzniku poruchy. Realizujú sa pred vznikom poruchy.
- Nápravné opatrenie po vzniku poruchy (tzv. kuratívne opatrenie): sú opatrenia potrebné na rýchle zvládnutie a odstraňovanie problémov po poruche.

Účinnosť nápravného opatrenia musí byť vopred overená analýzou bezpečnosti (N-1) a výpočtami toku výkonov.

1.3 Nápravné opatrenia implementované v PS SR

Nápravné opatrenia je možné z ekonomického hľadiska rozdeliť na nákladové a beznákladové. V PS SR sa v súčasnosti využívajú výlučne beznákladové opatrenia. Nákladové opatrenia predstavujú opatrenia, pri ktorých na základe požiadavky PPS dochádza ku zmene nasadenia zdrojov v oblasti zodpovednosti, resp. ku zmene salda oblasti.

1.3.1 Prerušenie údržbových prác na vypnutých zariadeniach

Prerušenie vykonávaných prác na zariadeniach patrí medzi najviac využívané nápravné opatrenie, prakticky beznákladové. Zrušenie plánovanej údržby na vedeniach a ostatných prvkoch PS má však vplyv na celkovú spoľahlivosť sústavy. Do tejto kategórie nápravných opatrení patrí aj využitie tzv. pohotovostného času konkrétnych údržbových prác.

1.3.2 Zníženie kapacít cezhraničných profilov

Proces pridelenia kapacít má za cieľ zaistiť kontrolu nad celkovou výškou cezhraničných prenosov a zaistiť, aby celková výška dohodnutých prenosov nepresahovala disponibilnú kapacitu vedení. PPS analyzuje dopady plánovaných odstavok prenosových zariadení a na základe výsledkov bezpečnostných analýz plnenia kritéria N-1 následne stanovuje hodnoty prenosových kapacít cezhraničných profilov v jednotlivých etapách prípravy prevádzky. Problematika výpočtu prenosových kapacít je mimoriadne rozsiahla problematika, ktorá v sebe okrem technického rozmeru má významný ekonomický rozmer.

1.3.3 Vypínanie vedení

Vypínanie vedení PS SR je rovnako jednou z možností riešenia situácie preťažovania prvkov, resp. neplnenia bezpečnostného kritéria N-1. Pre riešenie situácií s preťažovaním PS SR prichádzajú do úvahy nasledovné možnosti:

- 400 kV vedenie V405 Varín – Sučany,
- 400 kV vedenie V410 Voľa – Veľké Kapušany,
- 220 kV vedenie V275 Považská Bystrica – Bystričany.

1.3.4 Koordinovaná zmena topológie (rekonfigurácia)

Zmeny topológie v sústave môžu predstavovať napríklad zmenu zapojenia vývodov vedení v rozvodni (rozdelenie prevádzky na 2 prípojnice), či manipulácie zapojení a zaťaženia distribučných transformátorov/uzlových oblastí.

Za účelom obnovenia plnenia kritéria N-1 v PS SR, resp. zníženia tokov na preťažovaných profiloch bol vytvorený postup pri realizácii rekonfigurácií v PS SR. Na základe výpočtov chodu PS SR, skúšok a analýz sú možnosti realizácie rekonfigurácie s výraznejším vplyvom na zníženie neplánovaných tokov cez PS v Rz 400 kV Lemešany a 400 kV Varín [3, 4].

1.3.5 Zníženie cezhraničných výmen

Ako jedným z posledných východísk by mal PPS znížiť plánované programy obchodov na profiloch a tak znížiť cezhraničné výmeny elektriny. Pri vyskytnutí sa kritického stavu je možné krátenie kapacít na profiloch v zmysle platných Aukčných pravidiel „Rules for Coordinated Auction of Transmission Capacity in the CEE-Region“. Platné aukčné pravidlá sú zverejnené na oficiálnej webovej stránke centrálnej aukčnej kancelárie „CAO Central Allocation Office GmbH“ [5].

1.3.6 Vypnutie ohrozených prvkov

Ohrozený prvok sústavy je možné v krajnom prípade vypnúť, čím sa presunie zaťaženie na ostávajúce prvky v sústave. V štandardnej prevádzke sa PPS vyhýba takémuto opatreniu, nakoľko riziko kaskádového účinku vypnutia prvku je veľmi vysoké.

1.3.7 Odl'ahčenie siete (obmedzenie spotreby)

Po prvej neočakávanej poruche a pri absencii nápravných opatrení na privedenie sústavy späť do bezpečného stavu N-1, môže byť po vyskytnutí sa najbližšej neočakávanej poruchy manuálne odl'ahčenie siete posledným východiskom realizovaným preventívnym spôsobom v súlade s národnou legislatívou (Plán obmedzovania spotreby v ES SR, Havarijný vypínací plán v ES SR) [6]. Realizácia obmedzenia spotreby je uvedená v Zákone o energetike, vyhláške Ministerstva hospodárstva o stave núdze a príslušných prevádzkových inštrukciách SEPS.

1.4 Negatívne dopady rekonfigurácie na ES SR

Použitie rekonfigurácie siete je jednou z možností na obnovenie bezpečnostného kritéria N-1. Je však nutné si uvedomiť, že pri využití tohto nápravného opatrenia sa nerieši pôvod a odstránenie výskytu neplánovaných vysokých tranzitných tokov v ES. To znamená, že pri zachovaní vysokej výroby v jednom mieste prepojenej celoeurópskej sústavy (zväčša na severozápade Európy) a vysokej spotreby (zväčša na juhu Európy) v kombinácii s neprímeranými trhovými mechanizmami pridelovania cezhraničných kapacít sa tieto toky neznižia, len sa zmení ich smer a trasa výkonového toku [7].

1.4.1 Zvýšenie strát v PS

Využitie rekonfigurácií dopad aj na celkové straty v prenosovej sústave. Zmena základného zapojenia na nové zapojenie prináša so sebou prudké zvýšenie strát. Predikcia strát uzatváraná v deň D-1 nie je schopná predpovedať vysoké toky, a ani využite tohto nápravného opatrenia v deň D. Neplánovaným zvýšením strát dochádza preto aj k nárastu systémovej odchýlky, nutnosti aktivácie regulačných zdrojov elektriny a k následným dodatočným finančným nákladom prevádzkovateľovi prenosovej sústavy.

1.4.2 Nárast zaťaženia na ostatných prvkoch ES

Cieľom realizácie rekonfigurácie je zníženie zaťaženia na zariadeniach, ktoré sú preťažené, prípadne by sa preťažili pri výpadku iného prvku (neplnenie bezpečnostného kritéria N-1). Pri realizácii rekonfigurácie dochádza zvýšenie tokov v inej časti sústavy či dokonca aj v susedných PS. Koordinácia

s partnermi zabezpečí zníženie negatívnych dopadov opatrenia, na druhej strane však existuje riziko konfliktu medzi záujmami jednotlivých zúčastnených strán a riziko odlišnej predstavy o riešení vzniknutej kritickej situácie.

1.4.3 Sekundárne neplnenie kritéria N-1 po realizácii rekonfigurácie

V súvislosti s predchádzajúcou kapitolou o zmenách zaťaženia prvkov je dôležité analyzovať aj prípadné stavy sekundárneho neplnenia kritéria N-1. To znamená, že pri už spomenutých výpočtoch musí dbať zodpovedný pracovník, aby zmenou zapojenia v sústave a zmenou zaťaženia prvkov nepreniesol problém neplnenia kritéria N-1 z jednej časti sústavy do druhej.

1.4.4 Problém obnovy základného zapojenia, synchronizačné limity rozvodní

Pri spájaní dvoch prípojnic v rozvodni prostredníctvom zopnutia kombinovaného spínača prípojnic je rozhodujúce zosúladiť napätia na oboch stranách vypínača. Pokiaľ tento proces synchronizácie neprebehne korektne, hrozí vznik poruchy v sústave a môže dôjsť k poškodeniu zariadenia. Pri synchronizácii musia byť splnené najmä tri dôležité kritéria:

- okamžitá hodnota napätí,
- frekvencia,
- rozdiel fáz napätí medzi spínanými prípojnicami,

pričom všetky musia spĺňať stanovené tolerancie.

V súčasnosti sú pre kruhovanie v prenosovej sústave 400 kV odporučená maximálna hodnota veľkosti $\Delta\varphi = 30^\circ$, a rozdielu napätia $\Delta U = 10$ kV na strane 400 kV [8]. Pri nedodržaní týchto podmienok môže dôjsť k prechodovému nárazovému prúdu, na ktorý môžu reagovať ochrany a vedenie vypnúť.

1.4.5 Riziká zapojení uzlových oblastí

Paralelné spolupráce distribučných transformátorov 400/110 kV sa stáva nebezpečným po realizácii rekonfigurácie. Vtedy sa v praxi ukazuje, že vysoké tranzitné toky, ktoré mali byť rekonfiguráciou presmerované v rámci prenosovej sústavy, budú čiastočne transferované aj prostredníctvom DS z dôvodu nižšej impedancie prenosovej cesty.

1.4.6 Dopady na sústavy mimo SR

Slovensko tak ako aj v iných odvetviach aj v elektroenergetike slúži ako tranzitná krajina na prenos zo severu na juh Európy. A keďže sa jedná o hraničné rozvodne, implementácia zmeny zapojenia sa bezprostredne dotýka nielen najbližších susedných prenosových sústav, ale v podstate ovplyvní prevádzku v celom regióne. Je preto nutné o pripravovanej zmene zapojenia neodkladne informovať zainteresované dispečingy susedných PPS.

2 Možnosti realizácie rekonfigurácií a redispečingu ako opatrení na slovensko-českom profile

2.1 Slovensko-český cezhraničný profil

Česko-slovenský cezhraničný profil je v súčasnosti tvorený tromi 400 kV vedeniami a dvomi 220 kV vedeniami (tab. 2.1). Z historických dôvodov, kedy bol tento profil súčasťou vnútroštátneho prepojenia v rámci Československa, patrí toto prepojenie k najsilnejším prepojeniam so susedným PPS.

Tab. 2.1 Vedenia tvoriace česko-slovenský profil [9]

vedenie	Napätie	rozvodňa SK	rozvodňa CZ	rok uvedenia do prevádzky	rok rekonštrukcie	prenosový limit
V270	220 kV	Považská Bystrica	Lískovec	1959	2009	580 A
V280	220 kV	Senica	Sokolnice	1962	1980	755 A
V404	400 kV	Varín	Nošovice	1952	1984, 2000	1740 A
V424	400 kV	Křižovany	Sokolnice	1969	1991	2000 A
V497	400 kV	Stupava	Sokolnice	1986	-	2000 A

V rámci analýzy úzkych miest boli štatisticky spracované údaje o zaťažení všetkých piatich cezhraničných vedení za posledné dva kalendárne roky 2013 a 2014 (tab. 2.2). Išlo o historické údaje o prúdovom zaťažení v 15-minútových rezoch.

Tab. 2.2 Štatistické vyhodnotenie zaťaženia vedení česko-slovenského profilu [10]

	vedenie	I _{max} (A)	priemerné zaťaženie (A)	modus (A)	modus (% I _{max})	maximum (A)	početnosť štvrt'hodín > 50% I _{max}	početnosť štvrt'hodín > 75% I _{max}
2013	V404	1740	532,8	830,1	47,71	1802,2	4961	305
	V424	2000	245,5	284,7	14,24	941,9	0	0
	V497	2000	344,5	422,6	21,13	947,5	0	0
	V270	580	139,1	236,2	40,72	551,2	3094	237
	V280	755	121,2	158,0	20,93	379,6	2	0
2014	V404	1740	596,3	793,4	45,60	1430,8	5131	38
	V424	2000	301,0	267,3	13,37	1013,0	2	0
	V497	2000	486,8	520,9	26,04	1130,4	147	0
	V270	580	131,0	34,6	5,97	447,5	1191	2
	V280	755	143,0	114,0	15,10	436,4	86	0

Záber štatistických údajov za dva roky reprezentatívne prezentuje reálny stav zaťaženia konkrétnych vedení. Z analýzy vyplývajú ako najkritickejšie zaťažované vedenia V270 a V404. Tieto vedenia sa geograficky nachádzajú v severozápadnej časti územia Slovenska a patria k vedeniam s nižším prenosovým limitom ako pri ostatných vedeniach na profile, čo je spôsobené použitou technológiou pri výstavbe (typ stožiaru a prenosového lana).

2.2 Popis simulačného modelu

Dopady navrhovaných opatrení je potrebné overiť výpočtom a následne výsledky odborne vyhodnotiť. Na preukázanie vplyvu realizovaného redispečingu vo vybraných uzloch ES na zníženie výkonového toku na vedeniach prenosovej sústavy, resp. realizácie rekonfigurácií rozvodní s tým istým cieľom, bol vytvorený špeciálny simulačný model. Model obsahuje kompletnú topológiu regiónu:

- 21 riadiacich oblastí,
- 2092 uzlov (z toho 580 400 kV),
- 2983 vedení (z toho 932 400 kV).

Riadiaca oblasť Slovenskej republiky obsahuje okrem prenosovej sústavy (400 a 220 kV sústava) aj distribučnú sústavu úrovne 110 kV. Zapracované boli základné zapojenia a paralelné prevádzky uzlových oblastí. Odbery jednotlivých 110 kV uzlov vychádzajú zo zimného (tretia januárová streda v čase 10:30) celoštátneho merania v roku 2014.

Medzi základné parametre, ktoré sú relevantné a vytvárajú základný prehľad o topológii a definovaných výkonových tokoch, patria:

- tranzitný tok cez ES SR: 2650 MW,
- saldo ES SR: -510 MW,
- zaťaženie SK-CZ profilu (tab. 2.3),
- žiadne plánové odstávky výrobných a prenosových zariadení v regulačnej oblasti SR,
- paralelná prevádzka T401 Varín – T202 Považská Bystrica.

Tab. 2.3 Definované zaťaženie slovensko-českého profilu simulačnom modeli

Vedenie	P [MW]	Q [MVar]	I [A]	Zaťaženie [%]
V270	121,78	8,72	306,41	52,83
V280	92,29	6,71	229,26	30,85
V404	894,21	90,48	1 269,46	72,96
V424	448,66	39,13	633,08	31,65
V497	704,35	2,75	990,12	49,51

V rámci simulácií nápravných opatrení ostáva definované zaťaženie (odbery jednotlivých uzlových oblastí) ES SR nemenné. Zmeny zaťaženia vyšetřovaných spojovacích vedení sa dosiahnu zmenami sald PPS v regióne, najmä v Nemecku, Rakúsku a Maďarsku. V niektorých prípadoch možno použiť

cielené nastavenie odstavok výrobných jednotiek a prenosových vedení s cieľom zvýšiť zaťaženie prvkov a zdôrazniť urgentnosť aktivácie opatrení.

2.3 Rekonfigurácie rozvodní

Každá topologická zmena základného zapojenia ES predstavuje zvýšené riziko pre prevádzku v reálnom čase. Na základe analýz, bezpečnostných výpočtov a praktických skúseností možno definovať niekoľko všeobecne platných kritérií výberu rekonfigurovanej rozvodne:

- 1) Každá prípojnica po rekonfigurácii v rozvodni musí byť napájaná minimálne dvomi vedeniami, tzn. rekonfigurovaná rozvodňa musí byť napájaná minimálne štyrmi vedeniami.
- 2) Špeciálnym prípadom sú blokové vedenia a transformátory 400/220 kV, kde musí byť realizácia rekonfigurácie podmienená ďalšími kritériami ako spoľahlivosť vyvedenia výkonu či transformačný výkon transformátora a pod.
- 3) Realizovaná rekonfigurácia nesmie mať negatívny vplyv na spoľahlivosť vyvedenia výkonu jadrových elektrární.
- 4) Realizovaná rekonfigurácia nesmie mať negatívny vplyv na rezervné napájanie jadrových elektrární.
- 5) V sústave PS/DS sa po realizácii rekonfigurácie obnoví plnenie bezpečnostného kritéria N-1.
- 6) Realizácia rekonfigurácie neprenesie tranzitné toky elektriny na úroveň distribučnej sústavy.
- 7) Realizovaná rekonfigurácia nespôsobí neplnenie bezpečnostného kritéria N-1 mimo oblasť zodpovednosti PPS, resp. zahraničný PPS odsúhlasí realizáciu rekonfigurácie v danej rozvodni s predpokladanom realizácie účinných opatrení na jeho strane.

2.3.1 Možnosti rekonfigurácií rozvodní v PS SR

Na základe vyššie uvedených kritérií možno za rekonfigurovateľné rozvodne v PS SR označiť:

- Rz 400 kV Križovany,
- Rz 400 kV Levice,
- Rz 400 kV Varín,
- Rz 400 kV Sučany,
- Rz 400 kV Liptovská Mara,
- Rz 400 kV Moldava,
- Rz 400 kV Lemešany.

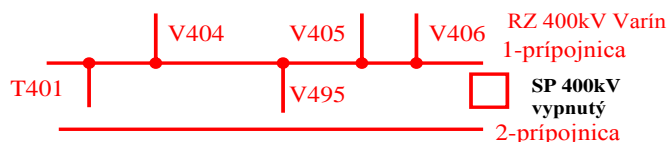
Nakoľko v prípade hraničných rozvodní česko-slovenského profilu: Rz 220 kV Považská Bystrica, Rz 220 kV Senica a Rz 400 kV Stupava sú tieto napájané len dvomi vedeniami, pričom jedno je vnútroštátne, druhé cezhraničné, nie je reálne uvažovať nad potenciálnou realizáciou rekonfigurácie. V ostávajúcich hraničných rozvodniach slovensko-českého profilu na strane PS SR, Rz 400 kV Varín a Rz 400 kV Križovany, je možné, pri splnení istých podmienok, realizovať rekonfiguráciu.

Rekonfigurácia 400 kV rozvodne Varín

Dva varianty rekonfigurácie Rz 400 kV Varín sú v rámci prípravy prevádzky ES SR podrobne spracované od bezpečnostných analýz, simulácií dopadov, reálne testy až po niekoľko praktických realizácií z minulosti [11, 12, 13].

Základné zapojenie v Rz 400 kV Varín je na jednu prípojnicu 400 kV (obr. 2.1):

- prípojnica 1: V404, V405, V406, V495, T401,
- prípojnica 2: voľná.

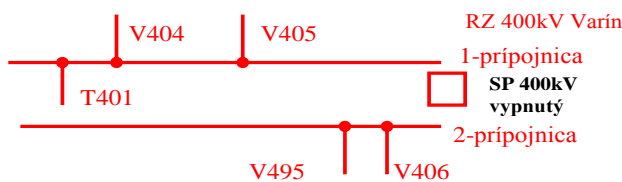


Obr. 2.1 Základné zapojenie v Rz 400 kV Varín

Rekonfigurácia 400 kV rozvodne Varín, variant 3 (obr. 2.2)

Tento variant sa v doterajšej praxi nepoužíva, nebol testovaný a nebol ani spracovaný ako odporúčané nápravne opatrenie. Variant v podstate spočíva v predĺžení vedenia V404 prostredníctvom vedenia

V405 do rozvodne 400 kV Sučany. Zväčšením impedancie prenosovej cesty dôjde k poklesu prúdového zaťaženia vedenie, resp. k zníženiu výkonového toku na tomto vedení.



Obr. 2.2 Rekonfigurácia v Rz Varín, variant 3

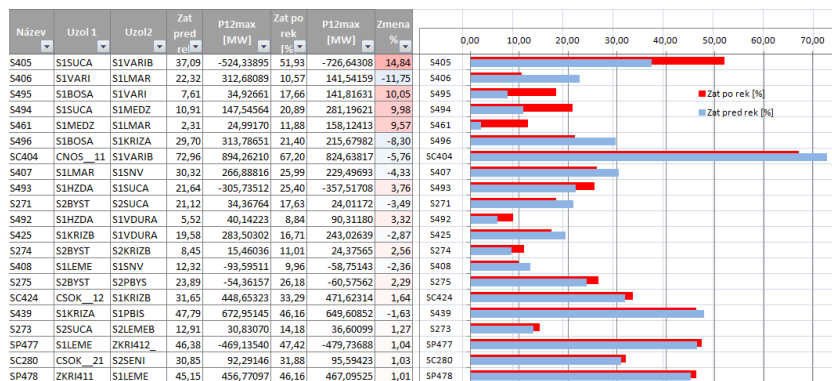
Nutné podmienky pre vykonanie rekonfigurácie:

- vedenia 400 kV V404, V405, V406, V495 v prenose,
- možná prevádzka 400 kV Varín na dvoch prípojnicích,
- k dispozícii KSP 400 kV Varín,
- prerušená paralelná prevádzka US P. Bystrica 110 kV - US Varín 110 kV.

Simulácia rekonfiguračného zapojenia rozvodne Varín, variant 3

Simulácia vplyvu zmeny zapojenia Rz 400 kV Varín v zmysle navrhnutého variantu 3 bola realizovaná na modeli s nasledujúcimi parametrami:

- simulované vysoké tranzitné toky cez PS SR na úrovni 2650 MW,
- zaťaženie distribučných transformátorov, distribučných rozvodní a výroba elektrární definovaná na základe zimného merania 2014,
- s cieľom zvýšenia zaťaženia vedenia V404 bolo variantne uvažované s plánovanou odstávkou cezhraničného vedenia V478 Lemešany - Krosno.



Obr. 2.3 Výsledky simulácie rekonfigurácie v Rz 400 kV Varín

Simulácia rekonfigurácie (obr. 2.3) preukázala účinnosť navrhovaného opatrenia. Žiadaný efekt zníženia zaťaženia vedenia V404 sa prejavil poklesom zaťaženia o cca 6%. Pokles zaťaženia bol zaznamenaný aj na prvkoch V406, V496, V407 a V271. Na druhej strane stúplo zaťaženie na vedeniach V405, V495, V494, V461, V492 a V493.

Porovnanie zmien zaťaženia jednotlivých variantov

Na základe výsledkov simulácie jednotlivých variantov rekonfigurácie v rozvodni Varín var. 1-3 bol vyhodnotený vplyv na odľahčenie vedenia V404 (tab.2.4).

Tab. 2.4 Vyhodnotenie variantov rekonfigurácie v Rz 400 kV Varín

Rekonfigurácia Rz 400 kV Varín	Zmena zaťaženia vedenia V404
Variant 1	16-19 %
Variant 2	15-49 %
Variant 3	6-8 %

Najväčší potenciál spôsobenia zmeny zaťaženia má variant 2, nasleduje variant 1 a najmenšiu zmenu spôsobí variant 3. V tomto prípade je dôležité poznamenať, že z pohľadu dispečerského riadenia

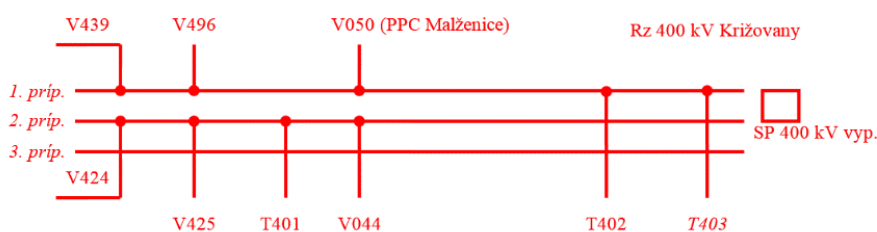
predstavujú dramatické skokové zmeny zaťaženia prvkov zvýšené riziko prechodových javov, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť zariadenia v sústave a rovnako aj pripojené subjekty (výrobné, odberateľov). Na obnovenie bezpečného stavu plnenia kritéria N-1 obyčajne stačí aj menšia zmena zaťaženia kritického prvku, rádovo 5-15%. Z tohto pohľadu možno pre dispečerské riadenie v reálnej prevádzke odporučiť implementáciu variantov 1 a 3, variant 2 len ako krajné riešenie.

Rekonfigurácia 400 kV rozvodne Križovany

Elektrická stanica Križovany je jednou z kľúčových staníc na území Slovenskej republiky. V súčasnosti slúži na vyvedenie výkonu z jadrovej elektrárne Jaslovské Bohunice V2 (JE EBO – V2) reaktor 4, z paroplynového cyklu Malženice (momentálne zakonzervovaný, mimo prevádzky) a transformáciu 400/220 kV, 400/110 kV a 220/110 kV.

Návrh rekonfiguračného zapojenia Rz 400 kV Križovany

Navrhované rekonfiguračné zapojenie Rz 400 kV Križovany (obr. 2.4) spočíva v rozdelení prevádzky rozvodne na dve samostatné prípojnice. Cieľom zmeny zapojenia je zníženie výkonového toku na cezhraničnom vedení V424.

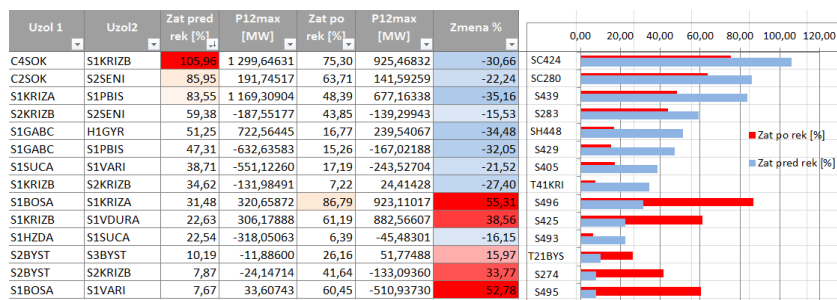


Obr. 2.4 Rekonfiguračné zapojenie Rz 400 kV Križovany

Simulácia rekonfiguračného zapojenia Rz 400 kV Križovany

Simulácia vplyvu zmeny zapojenia Rz 400 kV Križovany bola realizovaná na modeli s nasledujúcimi parametrami:

- simulované vysoké tranzitné toky cez PS SR na úrovni 2300 MW,
- zaťaženie distribučných transformátorov, distribučných rozvodní a výroba elektrární definovaná na základe zimného merania 2014,
- s cieľom zvýšenia zaťaženia vedenia V424 bolo uvažované s odstavkou cezhraničného vedenia V497 a taktiež s odstavkou EBO V2, blok 2.



Obr. 2.5 Výsledky simulácie rekonfigurácie v Rz 400 kV Križovany

Simulácia rekonfigurácie (obr. 2.5) preukázala účinnosť navrhovaného opatrenia. Žiadaný efekt zníženia zaťaženia vedenia V424 sa prejavil poklesom zaťaženia o cca 30%.

Simulačné výsledky siete preukázali dosiahnutie želaného poklesu zaťaženia preťažovaného vedenia V424 Sokolnice – Križovany, no rovnako pred rekonfiguráciou, aj po jej realizácii sa sústava nachádza v stave neplnenia bezpečnostného kritéria N-1. Možno konštatovať, že situácia preťažovania vedenia V424 je neprijateľný stav, kedy je ohrozená nielen bezpečnosť PS SR ale aj celého regiónu. Je nutné predchádzať takémuto stavu hlavne nepotvrdením takej kombinácie vypínaní zariadení, ktorá by mohla

spôsobiť takýto stav. Rekonfiguráciu Rz 400 kV Křižovany nemožno v týchto súvislostiach považovať za účinné preventívne opatrenie.

V prípade poruchových stavov ide samozrejme už o kategóriu kuratívnych opatrení, kedy takáto rekonfigurácia predstavuje efektívne opatrenie so želaným efektom.

2.3.2 Možnosti rekonfigurácií rozvodní v PS ČR

Na českej strane profilu, ktorý má byť predmetom vyšetrovania, spĺňajú kritériá realizácie rekonfigurácie všetky tri hraničné rozvodne:

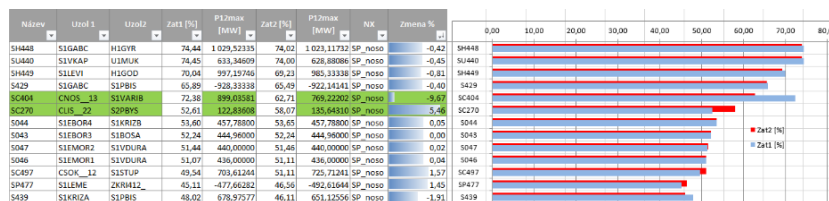
- Rz 400 kV Sokolnice,
- Rz 400 kV Nošovice,
- Rz 220 kV Lískovec.

Pre názornosť účinnosti opatrení realizovaných aj na opačnej strane profilu bude analyzovaná možnosť rekonfigurácie v Rz 400 kV Nošovice s cieľom zníženia výkonového toku na vedení V404.

Základné zapojenie v Rz 400 kV Nošovice je na dve prípojnice:

- prípojnice 1: V460 (Nošovice – Albrechtice), V404 (Nošovice – Varín), T402,
- prípojnice 2: V444 (Nošovice – Wielopole), V459 (Nošovice – Kletné), V403 (Nošovice – Prosenice), T401
- SP zapnutý medzi 1. a 2. prípojnícou – rozpadové miesto.

Výsledky simulácie rozopnutia spínača prípojníc v rozvodni Nošovice je zobrazený na nasledujúcom obr. 2.6.



Obr. 2.6 Výsledky simulácie rekonfigurácie v Rz 400 kV Nošovice

Na základe simulácií rekonfigurácie v Rz Nošovice možno konštatovať pozitívny vplyv na zaťaženie kritického vedenia V404 Varín – Nošovice. Rekonfiguráciou možno dosiahnuť pokles zaťaženia o 8-14 % (v závislosti od aktuálnych tranzitných tokov v regióne), čo je hodnota, ktorá v kritických momentoch môže zaručiť obnovu plnenia kritéria N-1 bez ovplyvnenia situácie na ostávajúcich prvkoch v sústave. Na druhej strane je dôležité upozorniť na prenesenie časti výkonového toku (cca 10-20 MW) na vedenie V270 Považská Bystrica – Lískovec.

Podobných príkladov rekonfigurácií hraničných rozvodní na českej strane možno analyzovať niekoľko. Príklad rekonfigurácie v Rz Nošovice na riešenie situácie práve najkritickejšieho vedenia V404 slúži na potvrdenie nutnosti koordinácie nápravných opatrení medzi dotknutými PPS najmä v prevádzke v reálnom čase. Dispečeri majú byť na základe analytických nástrojov schopní vyhodnotiť situáciu a spoločne rozhodnúť o aktivácii konkrétneho opatrenia, ktoré optimálne ovplyvní vývoj situácie.

2.3.3 Postupy aktivácie rekonfigurácie v dispečerskom riadení

Postup pri predikcii potreby rekonfigurácie na deň D+1 v procese prípravy prevádzky

Odborný útvar prípravy prevádzky v rámci výpočtov procesu Day-ahead Congestion Forecast (DA CF) vykonávaných v rámci dňa D na deň D+1 zistí neplnenie kritéria N-1 v jednotlivých hodinách dňa D+1. Do modelov, kde nie je plnené kritérium N-1, doplní vhodnú rekonfiguráciu za účelom obnovenia stavu plnenia kritéria N-1. Upravené modely zahrňujúce rekonfigurácie na deň D+1 budú odoslané partnerom v rámci dňa D. Zodpovedný útvar PPS zároveň e-mailom informuje o situácii na deň D+1 miestnych prevádzkovateľov distribučných sústav (PDS), relevantných výrobcov a odberateľov z PS. Rovnako sú informovaní aj zahraniční PPS.

Postup pri vykonaní rekonfigurácie v reálnej prevádzke

Nadväzujúc na proces prípravy rekonfigurácie v rámci prípravy prevádzky ES, ale i v prípade neplánovaného vývoja situácie počas dňa, postupuje dispečer SED v zmysle nasledujúceho postupu:

- 1) Dispečer SED sleduje výsledky výpočtov týkajúce sa plnenia kritéria (N-1) v PS SR v RIS-e SED.
- 2) Dispečer SED vykoná výpočty chodu siete v RIS-e SED, príp. podľa modelov Intraday Congestion Forecast (IDCF) alebo DACF za účelom zistenia možných vplyvov vykonania pripravovanej rekonfigurácie v PS SR.
- 3) Dispečer SED oznámi zámer vykonania rekonfigurácie domácim partnerom nasledovne:
- 4) Rekonfigurácia v Rz 400 kV Lemešany:
Oznámenie smenovému personálu U.S. Steel Košice, dispečerovi dispečingu PDS Východoslovenskej distribučnej, a.s. (VSD) a stálej službe prevádzkovej správy Východ SEPS.
- 5) Rekonfigurácia v Rz 400 kV Varín variant 2:
Oznámenie dispečerom dispečingov PDS SSE-D a Západoslovenskej distribučnej, a.s. (ZSDIS) a stálej službe prevádzkovej správy Západ SEPS, stálej službe prevádzkovej správy Stred SEPS a smenovému inžinierovi JE EBO-V2.
- 6) Dispečer tiež informuje o zámere vykonať rekonfiguráciu v PS SR zahraničných partnerov nasledovne:
 - telefonicky (z dôvodu možného oneskorenia e-mailovej informácie) v prípade rekonfigurácie v Rz Lemešany dispečerov PSE a WPS Ukraine, ČEPS, MAVIR a v prípade rekonfigurácie v Rz 400 kV Varín dispečera ČEPS,
 - písomne cez Emergency Information System (EIS) zahraničných partnerov [14, 15].
- 7) Túto informáciu pošle e -mailom tiež nadriadeným v zmysle vnútorných pravidiel spoločnosti.
- 8) Dispečer SED vykoná manipulácie v zmysle popisu rekonfigurácií PS SR buď diaľkovo, alebo prostredníctvom zmenových manipulantov v danej rozvodni.

Postup pri zrušení rekonfigurácie

V prípade, že výpočty chodu siete v RIS SED, prípadne podľa aktualizovaných výpočtov (model IDCF, DACF) ukazujú, že je možné prevádzkovať sústavu v stave plnenia kritéria (N-1) aj po zrušení rekonfigurácie sústavy, dispečer SED v čo najkratšom možnom čase (najneskôr do 30 minút po vykonaní výpočtu a po vykonaní administratívnych úkonov) zruší danú rekonfiguráciu. Pri prechode do základného zapojenia rešpektuje vonkajšie klimatické podmienky a možnosti manipulácií v daných rozvodniach (hlavne odpojovače).

Dispečer informuje o zámere zrušiť rekonfiguráciu v PS SR zahraničných partnerov nasledovne:

- 1) Telefonicky v prípade rekonfigurácie v Rz Lemešany dispečerov PSE a WPS Ukraine, ČEPS a MAVIR, v prípade rekonfigurácie v Rz 400 kV Varín dispečerov ČEPS.
- 2) Dispečer SED zašle informáciu o zámere zrušiť rekonfiguráciu cez Výstražný informačný systém - Emergency Information System (EIS) zahraničným partnerom [14, 15].
- 3) Túto informáciu pošle e -mailom tiež nadriadeným v zmysle vnútorných pravidiel spoločnosti.
- 4) Dispečer SED oznámi telefonicky zámer zrušenia rekonfigurácie domácim partnerom nasledovne:
Rekonfigurácia v Rz Lemešany:
Oznámenie zmenovému personálu U.S. Steel Košice, dispečerovi dispečingu PDS VSD a stálej službe prevádzkovej správy Východ.
Rekonfigurácia v Rz Varín variant 2:
Oznámenie dispečerom dispečingov PDS SSE-D a ZSDIS a stálej službe prevádzkovej správy Západ a Stred a zmenovému inžinierovi JE EBO-V2.
- 5) Dispečer SED vykoná potrebné manipulácie na zrušenie rekonfigurácie: v prvom kroku zapína 400 kV KSP Lemešany (prípadne Varín) a overí (počas 30 minút) výsledky spracovania plnenia kritéria (N-1) v RIS-e SED, následne dokončí úpravu zapojenia prvkov PS SR do základného zapojenia.

V prípadoch rizikovosti manipulovania (najmä s odpojovačmi a pri nízkych vonkajších teplotách (pod - 10 °C) môže manipulácie do základného zapojenia v daných rozvodniach dokončiť po posúdení rizík manipulácií. V prípade nepriaznivých pomerov pri synchronizácii na napínači v poli KSP 400 kV Lemešany, prípadne na KSP 400 kV Varín môže dispečer SED pre zníženie uhla natočenia vektorov napätí použiť vhodnú aktiváciu TRV3min+ (TRV10min+), prípadne TRV3min- (TRV10min-).

2.4 Cezhraničný redispečing

Sieťové predpisy Pridelovanie kapacity a riadenie preťaženia (Capacity Allocation and Congestion Management), Prevádzková bezpečnosť (Operational Security) a Plánovanie prevádzky (Operational Planning and Scheduling) by po konečnom schválení mali zaviazat' prevádzkovateľov prenosových sústav (PPS) uzavrieť vzájomné dohody o prijímaní nápravných opatrení na riešenie prevádzkových situácií medzi nimi [16, 17, 18].

Definícia redispečingu podľa súčasného návrhu sieťového predpisu Capacity Allocation and Congestion Management znie [19]:

Redispečing predstavuje opatrenie realizované jedným alebo viacerými PPS zmenou nasadenej výroby a/alebo spotreby s cieľom ovplyvniť fyzický výkonový tok v prenosovej sústave a predísť fyzickému preťaženiu.

2.4.1 Popis metodiky pre uplatnenie redispečingu na slovensko-českom profile

Pri návrhu redispečingu ako nápravného opatrenia na zníženie výkonového toku na vedeniach tvoriacich cezhraničný profil medzi Českou republikou a Slovenskom bude prioritne riešený vplyv zmeny zaťaženia cezhraničného 400 kV vedenia V404 Varín – Nošovice, nakoľko toto vedenie bolo z analýzy historických údajov zaťaženia vedení (kap. 2.1) identifikované ako najohrozenejšie.

Návrh redispečingu bude rozdelený do nasledujúcich krokov:

- 1) analýza potenciálnych zdrojov na oboch stranách profilu,
- 2) definovanie sieťových modelov (vrátane obchodný sald regulačných oblastí, tranzitných tokov a zaťaženia uzlových oblastí) pre simulácie zmien nasadenej výroby elektrární v jednotlivých uzloch/rozvodniach,
- 3) zhodnotenie dosiahnutej účinnosti redispečingov podľa aktivovaných zdrojov v závislosti od aktivovaného objemu a lokalizácie zdroja,
- 4) definovanie kritérií pre obstarávanie redispečingu u poskytovateľov, resp. zdrojov v regulačnej oblasti,
- 5) spracovanie implementačného postupu aktivácie redispečingu v dispečerskom riadení.

2.4.2 Analýza potenciálnych zdrojov

Základom pre analýzu potenciálnych zdrojov je geografické rozloženie zdrojov základne na oboch stranách profilu (tab. 2.5 a tab. 2.6). Prioritne boli nasadzované/aktivované zdroje vyvedené priamo do prenosovej sústavy. Zdroje vyvedené do distribučnej sústavy boli zvolené len sumárne ako príspevok výroby do danej uzlovej oblasti na napäťovej úrovni 110 kV.

Tab. 2.5 Elektrárne a uzly na českej strane

elektrárň	rozvodňa/uzol	zmena výroby
PVE Dlouhé Stráne	Rz 400 kV Krasíkov	300 MW
PVE Dálešice	Rz 400 kV Slavětice	200 MW
PE Detmarovice	Rz 110 kV Nošovice	100 MW
JE Dukovany	Rz 400 kV Slavětice	180 MW
PE Chvaletice	Rz 400 kV Týnec	150 MW

Tab. 2.6 Elektrárne a uzly na slovenskej strane

elektrárň	rozvodňa/uzol	zmena výroby
Vážska kaskáda: VE Mikšová, VE P. Bystrica, VE Hričov	Rz 110 kV Varín	80 MW
Vodné dielo Žilina	Rz 110 kV Varín	20 MW
DG Energy	Rz 220 kV Sučany	32 MW

Vážska kaskáda: VE Lipovec, VE Sučany, VE Kraľovany	Rz 110 kV Sučany	30 MW
PVE Liptovská Mara	Rz 110 kV Liptovská Mara	100 MW
PVE Čierny Váh	Rz 400 kV Liptovská Mara	200 MW

V rámci simulácií boli preverené všetky relevantné kombinácie redispečingov. Kvôli predpokladanému smeru preťaženia zo smeru z Českej republiky na Slovensko bude uvažované s redispečingom: v oblasti zodpovednosti ČEPS s poklesom výroby, v oblasti zodpovednosti SEPS s nárastom výroby. V praxi možno uvažovať s redispečingom do úrovne 200 MW, nakoľko takýto objem je maximálne dosiahnuteľný z pohľadu disponibilít zdrojov v regióne.

Simulácia redispečingu bola rozdelená do dvoch krokov: V prvom kroku bola v každom uzle z tab. 2.5 a 2.6 simulovaná zmena nasadenej výroby len jednostranne, tzn. bez aktivácie redispečingu na druhej strane profilu. V druhom kroku bola simulovaná obojstranná zmeny nasadenej výroby (na slovenskej strane nárast výroby, na českej strane pokles výroby) postupne od počiatočnej hodnoty 0 MW až po maximálnu technicky možnú zmenu výroby (32 – 200 MW) so stupňom 5 MW. Sumárne výsledky sú prezentované v tabuľkách 2.7 – 2.11.

2.4.3 Zhodnotenie dosiahnutej účinnosti redispečingov podľa aktivovaných zdrojov

Na rozdiel od rekonfigurácií, v prípade redispečingu je možné kvalitatívne vyhodnotiť dopad realizovaného opatrenia. Za týmto účelom bol definovaný parameter R (účinnosť redispečingu):

$$R = \frac{(P_{pred} - P_{po})}{\sum_{i=1}^n \Delta V_i} * 100\%, \quad (2.1)$$

kde:

P_{pred} – zaťaženie prvku/vedenia pre redispečingom [W],

P_{po} – zaťaženie prvku/vedenia po redispečingu [W],

ΔV_i – zmena výroby i-tom uzle [W].

Zo simulácií vykonaných v kapitole 4.4.2 a prepočítaním výsledných hodnôt podľa (2.1) boli určené účinnosti jednotlivých kombinácií redispečingov (Tab. 2.7 – 2.11):

Tab. 2.7 Redispečing v Rz 110 kV Varín

rozvodňa SR: Rz 110 kV Varín, redispečing = 100 MW		
rozvodňa ČR	účinnosť R (%)	
	R _{V270}	R _{V404}
bez aktivácie v ČR	12,78	36,88
Rz 110 kV Nošovice	12,86	59,82
Rz 400 kV Krasíkov	13,15	38,96
Rz 400 kV Týnec	12,92	36,99
Rz 400 kV Slavětice	12,09	29,84

Tab. 2.8 Redispečing v Rz 110 kV Liptovská Mara

rozvodňa SR: Rz 110 kV Liptovská Mara, redispečing = 100 MW		
rozvodňa ČR	účinnosť R (%)	
	R _{V270}	R _{V404}
bez aktivácie v ČR	3,76	37,55
Rz 110 kV Nošovice	3,85	60,48
Rz 400 kV Krasíkov	4,14	39,63
Rz 400 kV Týnec	3,91	37,66
Rz 400 kV Slavětice	3,08	30,51

Tab. 2.9 Redispečing v Rz 400 kV Liptovská Mara

rozvodňa SR: Rz 400 kV Liptovská Mara, redispečing = 100 MW		
rozvodňa ČR	účinnosť R (%)	
	R _{V270}	R _{V404}
bez aktivácie v ČR	3,75	37,62
Rz 110 kV Nošovice	3,84	60,55
Rz 400 kV Krasíkov	4,13	39,70
Rz 400 kV Týnec	3,90	37,73
Rz 400 kV Slavětice	3,07	30,58

Tab. 2.10 Redispečing v Rz 110 kV Sučany

rozvodňa SR: Rz 110 kV Sučany, redispečing = 30 MW		
rozvodňa ČR	účinnosť R (%)	
	R _{V270}	R _{V404}
bez aktivácie v ČR	7,41	33,78
Rz 110 kV Nošovice	7,50	56,72
Rz 400 kV Krasíkov	7,79	35,86
Rz 400 kV Týnec	7,55	33,89
Rz 400 kV Slavětice	6,73	26,75

Tab. 2.11 Redispečing v Rz 220 kV Sučany

rozvodňa SR: Rz 220 kV Sučany, redispečing = 32 MW		
rozvodňa ČR	účinnosť R (%)	
	R _{V270}	R _{V404}
bez aktivácie v ČR	7,40	33,82
Rz 110 kV Nošovice	7,48	56,75
Rz 400 kV Krasíkov	7,77	35,90
Rz 400 kV Týnec	7,55	33,93
Rz 400 kV Slavětice	6,72	26,79

Zhrnutie

Najväčší vplyv na zmenu zaťaženia vedenia V404 má redispečing v Rz 110 kV Nošovice. Táto rozvodňa je najbližšie k dotknutému vedeniu, no napriek tomu je účinnosť opatrenia maximálne na úrovni 60 %. V prípade vedenia V270, najbližšiemu k vedeniu V404 a v praxi vzájomne ovplyvňujúcemu v kontexte prenášaného výkonu v situácii N-1, sa účinnosť pohybuje priemerne na úrovni 6-7 % v jednom prípade 12-13 %.

Možno konštatovať, že účinnosť redispečingu je priamo závislá od vzdialenosti ohrozených prvkov a aktivovaných zdrojov. Významným faktorom je aj hustota vzájomného prepojenia radiacích oblastí, ktoré rovnako znižuje účinnosť redispečingu.

2.4.4 Výpočet žiadanej zmeny výkonového toku

Na základe stanovených účinností redispečingov v kapitole 2.4.3 možno v budúcnosti zo zdrojov v ponuke vypočítať predpokladanú zmenu výkonového toku na prvku/vedení. Pre prax je však efektívnejšie pracovať s hodnotou požadovanej zmeny zaťaženia prvku/vedenia. Dispečer stanoví hodnotu, o ktorú je potrebné znížiť zaťaženie vedenia, aby kleslo zaťaženie pod kritickú hodnotu a výsledkom správne nastavenej procedúry bude aktivácia vybraných zdrojov v regióne. V takýchto prípadoch sú relevantné zmeny zaťaženia o desiatky MW do maximálnej hodnoty 100 až 200 MW.

Vzťah (2.2) definuje závislosť obstarávania žiadaného objemu redispečingu.

$$\Delta P_{Vx} = \sum_{k=1}^n R_K * P_K, \quad (2.2)$$

kde: ΔP_{Vx} je žiadaná zmena zaťaženia na vedení/prvku [W],
 R_K – účinnosť redispečingu v uzle K [-],
 P_K – objem ponúkaného redispečingu v uzle K [W].

2.4.5 Obstarávanie výkonu potrebného pre redispečing

Každý PPS prevádzkujúci sústavu je v zmysle európskej legislatívy regulovaným subjektom. Národný regulátor rozhoduje o internej legislatíve, ktorá je reprezentovaná najmä technickými podmienkami a prevádzkovými poriadkami (v niektorých krajinách označovanými pod spoločným názvom „kódexy PPS“) a hlavne o oprávnených nákladoch PPS, ktoré je možné zahrnúť do nákladov na systémové služby. Národný regulátor cenovými rozhodnutiami určuje uznané náklady regulovaných subjektov a definuje celkový objem ročných plánovaných výdavkov za nakupované podporné služby (PpS).

2.4.6 Multikriteriálne vyhodnotenie ponúk pre obstarávanie redispečingu

Jednotlivé metódy multikriteriálneho vyhodnotenia sa líšia hlavne podľa toho, ako sa určuje váha jednotlivých kritérií. Kľúčovou úlohou je stanoviť kritériá, prostredníctvom ktorých budú hodnotené ponuky. Pre hodnotenie a porovnanie jednotlivých variant bolo definovaných 5 kritérií. Hodnotenie

bolo riešené ako maximalizačné - čím viac bodov kritérium z kardinálnej miery získa, tým lepšie spĺňa ponuka definované kritérium. Definované kritéria:

- ponuková cena (€/MWh),
- účinnosť redispečingu (stanovená podľa kap. 2.4.3),
- ponúkaný objem (MW),
- ponúkaná dĺžka trvania dodávky (min),
- kvalita poskytovateľa redispečingu (interné kritériá PPS).

Pre určenie váh bude zvolená nepriama metóda – metóda párového porovnania (s nepovolenou rovnosťou hodnôt váh kritérií) [20]. Zvolenou metódou sa určia váhy pre jednotlivé ponuky poskytovateľov redispečingu. Po určení váh sa vykoná výpočet celkovej užitočnosti jednotlivých ponúk. Pre názornosť predstavenej metódy vyhodnotenie ponúk boli uvažované tri modelové ponuky:

- Ponuka A: najnižšia ponuková cena, avšak nižšia účinnosť redispečingu.
- Ponuka B: najvyššia účinnosť redispečingu, avšak vyššia cena, nižší ponúkaný objem a dĺžka trvania poskytovania redispečingu.
- Ponuka C: najvyššia ponuková cena a najnižšia účinnosť redispečingu.

Tab. 2.12 Výpočet celkovej užitočnosti jednotlivých ponúk

kritérium	váhy α_i	Ponuka A		Ponuka B		Ponuka C	
		u_{ij}	$\alpha_i * u_{ij}$	u_{ij}	$\alpha_i * u_{ij}$	u_{ij}	$\alpha_i * u_{ij}$
1 cena	0,266667	0,6667	0,1778	0,3333	0,0889	0	0,0000
2 účinnosť	0,333333	0,3333	0,1111	0,6667	0,2222	0	0,0000
3 objem	0,2	0	0,0000	0,3333	0,0667	0,6667	0,1333
4 dĺžka trvania	0,066667	0	0,0000	0,6667	0,0444	0,3333	0,0222
5 kvalita	0,133333	0,6667	0,0889	0,3333	0,0444	0	0,0000
SUMA	1		0,3778		0,4667		0,1556

Na základe implementácie prezentovanej metodiky bola ako najefektívnejšia vyhodnotená ponuka B. Metodiku je možné zmenou kritérií a ich váh modifikovať podľa potrieb praxe či súčasných preferencií jednotlivých PPS, resp. aktuálnej disponibilnej množiny poskytovateľov redispečingu. Pre potreby dispečerského riadenia v reálnom čase by bolo vhodné obdobné multikritériálne vyhodnotenie spracovať v rámci riadiacich a informačných systémov, prípadne prepojiť so systémami partnerských PPS, ktorí sa zúčastňujú sa cezhraničnom redispečingu.

2.4.7 Postup aktivácie redispečingu v dispečerskom riadení

DACF proces a následné vytvorenie predikčných modelov pre nasledujúci deň predstavujú východiskový stav pre prípravu prevádzky ES z pohľadu implementácie nápravných opatrení [21]. V prípade, že beznákladové opatrenia sú vyčerpané, resp. ich implementáciou nie je možné dosiahnuť stav plnenia N-1, sú navrhnuté nákladové opatrenia, konkrétne redispečing. Výstupom prípravy prevádzky pre nasledujúci deň je hlavne:

- bezpečnostná analýza kritéria N-1,
- návrh efektívnych opatrení na plnenie kritéria N-1,
- informácia o navrhovaných opatreniach partnerom v rámci oblasti zodpovednosti (prevádzkovatelia distribučných sústav, relevantní výrobcovia, odberatelia a poskytovatelia podporných služieb),
- informácia o navrhovaných opatreniach partnerským PPS v rámci regiónu, avízo o predikcii kritickej situácie v PS.

Dispečer PPS v reálnej prevádzke priebežne vyhodnocuje predikčné modely definované v rámci prípravy prevádzky a ich vývoj počas dňa. V prípade, že v rámci prípravy prevádzky bolo ako opatrenie navrhnutý redispečing je dispečer PPS povinný sledovať predpokladaný vývoj situácie v časovom horizonte H-6 (6 hodín vopred) na základe predikčných modelov vytvorených v rámci IDCF procesu. Ak sa potvrdí predpoklad kritickej situácie a potreba aktivácie redispečingu, postupuje dispečer PPS nasledovne:

- 1) Kontaktuje partnerského PPS na cezhraničnom profile s cieľom koordinácie opatrenia. V prípade, ak partner súhlasí s aktiváciou spoločného opatrenia, je dohodnutý požadovaný

objem redispečingu, čas aktivácie a dĺžka jeho trvania. V prípade, že partnerský PPS nesúhlasí, dispečer PPS na základe závažnosti situácie vo svojej vlastnej sieti navrhne ďalšie riešenie. V takomto prípade je dispečer PPS povinný prijať riešenie, ktorým preberá všetky náklady súvisiace s redispečingom na oboch stranách profilu.

- 2) Dispečer PPS informuje nadradených pracovníkov podľa interných pravidiel PPS.
- 3) Dispečer PPS vyhlási výberové konanie na podpornú službu redispečing v zmysle uzavretých zmlúv s certifikovanými poskytovateľmi tejto služby.
- 4) Prebehne výberové konanie, ktorého výsledkom bude aktivácia požadovaného objemu redispečingu. Poskytovatelia redispečingu zadávajú svoje ponuky do informačných systémov PPS. Poskytovateľ zadá ponúkaný objem a cenu za MW. Spoločný vyhodnocovací algoritmus berie do úvahy certifikované účinnosti redispečingov poskytovateľov a vyberá najefektívnejšiu kombináciu nasadených zdrojov na oboch stranách profilu. V prípade, že jeden z PPS z akýchkoľvek dôvodov nie je schopný obstaráť dohodnutý objem redispečingu podľa bodu 1, bude obojstranne aktivovaný redispečing len do výšky nižšej hodnoty obstaraného objemu PPS (automaticky dôjde ku kráteniu požadovanej hodnoty redispečingu zo strany PPS).
- 5) Aktivácia redispečingu predstavuje zmeny salda riadiacej oblasti, zmenu prípravy prevádzky zdrojov poskytujúcich redispečing a vnútrodnú zmenu diagramov voči zúčtovateľovi odchýlok. Z tohto dôvodu musí byť celý proces vyhodnotenia naviazaný aj na zmeny v informačných systémoch PPS a zúčtovateľa odchýlok.
- 6) Dispečer PPS zaznamená do dispečerskej dokumentácie:
 - čas aktivácie,
 - aktivovaný objem redispečingu, vrátane konkrétnych zdrojov,
 - reálnu zmenu zaťaženia na dotknutom prvku,
 - čas ukončenia aktivácie,
 - akékoľvek okolnosti, ktoré mali vplyv na priebeh redispečingu.

Nasledujúci deň D+1 začne proces vyhodnotenie kvality poskytovateľov redispečingu, vyčíslenie nákladov a fakturácia.

2.5 Rozdelenie nákladov cezhraničných nápravných opatrení

Skutočne efektívny implementačný proces cezhraničných nápravných opatrení musí obsahovať aj problematiku nastavenia metód rozdelenia vyvolaných nákladov. Z podstaty dvoch analyzovaných opatrení - rekonfigurácie a redispečingu, patrí do skupiny tzv. nákladových len redispečing. Pri rekonfiguráciách platí zásada, že PPS prevádzkujúci rekonfigurovanú rozvodňu znáša vzniknuté náklady vyvolané manipuláciami. Najväčšie náklady predstavuje nárast strát v prenosových sústavách. Náklady na redispečing predstavujú najmä platby aktivovaným zdrojom, ktorým predchádzajú štandardné výberové konania na nákup služieb a podobne.

2.5.1 Rozdelenie nákladov redispečingu

Redispečing patrí medzi nápravné opatrenia, pri ktorých PPS vznikajú priame a presne vyčísliteľné náklady. V prípade realizácie redispečingu ako koordinovaného, obojstranne odsúhlaseného cezhraničného nápravného opatrenia je dôležitým momentom v rámci zúčtovacieho procesu zmluvné dojednanie na metódach a podmienkach rozdelenia vyvolaných nákladov. Súčasné metódy sú založené na troch princípoch:

- „platí žiadateľ“: Pri tejto metóde žiadateľ platí všetky priame náklady, ktoré sú vyvolané aktiváciou nápravného opatrenia, bez nutnosti akéhokoľvek dokazovania potreby aktivácie opatrenia zo strany ostatných dotknutých PPS.
- „50:50“: V niektorých prípadoch je medzi PPS dojednaná metóda rozdelenia nákladov v pomere 50:50. Náklady na redispečing sú sčítané u všetkých dotknutých PPS a výsledná suma sa v rovnakom pomere rozdeľuje medzi nich.
- „každý PPS znáša vlastné náklady“: Táto metóda spočíva v znášaní vyvolaných nákladov PPS každého vo svojej regulačnej oblasti. Nakoľko obstaranie redispečingu znížením výroby je výrazne menej nákladné ako zvýšiť výrobu v oblasti, sú metódy založené na tomto princípe najmenej spravodlivé a v praxi sa aplikujú skôr výnimočne (v prípadoch, keď jeden

zo zúčastnených PPS nie je, z akýchkoľvek dôvodov, ochotný prijať spoločnú metódu zdieľania nákladov).

Žiaden z uvedených princípov nereflektuje na skutočné dôvody nutnosti realizácie redispečingu, absentuje vyhodnotenie reálnych fyzikálnych tokov a ich porovnanie s plánovanými. Z tohto dôvodu by mal byť princíp „platí žiadateľ“ (kedy žiadajúci PPS znáša všetky náklady) nahradený princípom, v ktorom aj PPS, ktorý je zodpovedný za vznik preťaženia, znáša časť alebo dokonca všetky náklady. Do úvahy prichádzajú tri nové potenciálne princípy pre rozdelenie nákladov:

1) Rozloženie výkonových tokov:

Rozloženie fyzických tokov zahŕňa výpočty a simulácie čiastkových tokov. V tomto prípade všetky výkonové toky môžu prispievať ku vyčísleniu konečných nákladov.

2) Neplánované cezhraničné toky.

Rozlišovanie medzi plánovanými a neplánovanými cezhraničnými, resp. medzizónovými/medzioblastnými tokmi. V tomto prípade iba neplánované (vo význame neplánované obchodne) výkonové toky budú prispievať ku vyčísleniu konečných nákladov.

3) Plánované vs. namerané:

Plánované toky (vo význame plánované na úrovni D-1 v rámci DACF procesu) budú porovnávané s reálne nameranými hodnotami. Rozdiel medzi týmito hodnotami bude v konečnom dôsledku prispievať ku vyčísleniu konečných nákladov.

Zo súčasnej úrovne znalosti problematiky možno definovať niekoľko zásadných kritérií pre hodnotenie princípov/metód rozdelenia nákladov:

- 1) transparentnosť,
- 2) predvídateľnosť,
- 3) motivácia pre prevádzkovateľov prenosových sústav s cieľom vytvárať tlak na realizáciu opatrení z krátkodobej na dlhodobú úroveň,
- 4) rýchlosť realizácie,
- 5) motivácia zvýšiť presnosť sieťových modelov, výpočtu kapacít a procesu plánovania,
- 6) eliminácia možnosti nespravodlivého obohacovania, zneužívania situácie a špekulácií,
- 7) odrážanie reálneho stavu sústavy.

Metóda musí jasne identifikovať vzťahy medzi reálnym ohrozením sústavy, ktoré vedie k aktivácii redispečingu a finančnými dôsledkami, ktoré s ním súvisia. Náklady by mali byť založené na princípoch kauzality, t.j. identifikácii „pôvodcov“ nákladov a „znášateľov“ nákladov.

3 Prínos navrhnutých procesov a metódik pre prax

Rekonfigurácie a rovnako aj redispečingy možno označiť za krátkodobé opatrenia. Opatrenia, ktoré sú aktivované vo výnimočných prípadoch a na pomerne krátku dobu s cieľom prekonať kritické situácie. V žiadnom prípade nemôžu suplovať dlhodobé opatrenia typu: manažment prenosových kapacít, usporiadanie obchodných zón a hlavne rozvoj zdrojovej základne a prenosovej infraštruktúry. Obidve opatrenia nesmú byť realizované v procesoch dlhodobej, strednodobej dokonca štandardne ani v krátkodobej príprave prevádzky. Navrhnutá metodika vychádza z identifikácie kritickej situácie v DACF procese, následne sa riziko prehodnocuje v rámci IDCF procesu počas operatívneho riadenia. Kritická situácia musí byť potvrdená sieťovou analýzou v rámci RIS SED s výhľadom trvania na niekoľko nasledujúcich hodín. Rovnako môže byť kritická situácia spôsobená poruchovým stavom v sústave, resp. v susediacich sústavách. Každá realizácia nápravného opatrenia v prevádzke v reálnom čase je rozhodnutím a priamou zodpovednosťou dispečera SED.

3.1 Rekonfigurácia v praxi

Simulácie navrhnutých spôsobov zmien topológie rozvodní (rekonfigurácií) preukázali jednoznačne pozitívny vplyv na zlepšenie situácie zaťaženia, resp. plnenia kritéria N-1 dotknutého prvku. Potenciálne negatívne dopady musia vždy prevyšovať pozitívne účinky rekonfigurácie. Implementačný proces v praxi musí citlivo vyhodnocovať situáciu jednak z krátkodobého hľadiska, ale aj výhľadovo na niekoľko hodín vopred. Dispečer má povinnosť vykonať simulácie na predikčných modeloch a rozhodnúť o použití konkrétneho opatrenia.

Možnosti rekonfigurácií v PS SR sú pomerne obmedzené. Definované kritériá spĺňa menej ako tretina (7 z celkového počtu 24) rozvodní v PS SR. Táto skutočnosť však nič nemení na fakte, že ide o efektívne opatrenia so želaným a predikovateľným dopadom na zmenu zaťaženia prvkov v PS. Navrhnuté možnosti rekonfigurácií možno použiť v dispečerskom riadení ES a svojou adresnosťou vhodne rozširujú v súčasnosti používané varianty rekonfiguračných zapojení.

3.2 Redispečing v praxi

Redispečing predstavuje nápravné opatrenie, ktoré má významnú nákladovú stránku. V zmysle nových návrhov Siet'ových predpisov bude každý PPS povinný zaviesť spoločné schémy cezhraničných redispečingov. Implicitne sa predpokladá, že takéto schémy budú podporené aj v rámci ekonomického plánovania tzv. „oprávnených nákladov“ PPS. Technicky aj procesne je dispečerské riadenie sústavy SR pripravené na realizáciu redispečingov, no ekonomická stránka opatrenia nie je v súčasnosti doriešená. Najvhodnejším riešením bude zedefinovanie redispečingu ako podpornej služby, ktorej náklady by boli každoročne schvaľované rozhodnutím regulátora ako je to tomu pri ostatných podporných službách. Redispečing ako podporná služba bude zohľadňovať účinnosť redispečingu (certifikovaný parameter zdroja) ako jedného z vyhodnocovaných kritérií pri výberových konaniach, bude viazaná na konkrétny zdroj a jej obstarávanie bude zabezpečované v časovom horizonte blízkom k reálnemu času. V ideálnom prípade bude spoločným vyhodnocovacím algoritmom možné dosiahnuť synergický efekt, kedy bude možné z ponúkaných zdrojov na oboch stranách profilu vybrať najefektívnejšie kombinácie zdrojov s najvyššou konečnou účinnosťou redispečingu.

Rovnako ako pri rekonfigurácii, aj v prípade simulácií redispečingu bol preukázaný pozitívny vplyv opatrenia. Oproti rekonfigurácii je výhoda redispečingu v menšom riziku tzv. „sekundárneho“ neplnenia kritéria N-1 v sústave, pretože dochádza v menšej miere k prerozdeleniu prenášaného výkonu na iné prvky v sústave. Redispečing je aktivovaný vždy proti smeru súčasného zaťaženia a správnym výberom zdrojov (zvolením najvyššej dostupnej účinnosti redispečingu) by mal byť dosiahnutý vždy len pozitívny účinok.

Prínos nových metodík a procesov pre prax možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- 1) Rozšírenie množiny realizovateľných opatrení pre riešenie kritických situácií preťažovania prvkov a neplnenia kritéria N-1 v rámci dispečerského riadenia ES SR.
- 2) Väčšie množstvo realizovateľných opatrení prispeje k zlepšeniu bezpečnostnej situácie nielen v rámci riadiacej oblasti SR, ale aj v rámci celého regiónu.
- 3) Stanovenie kritérií výberu rekonfigurovateľných rozvodní v PS SR rešpektujúc lokálne špecifiká daných rozvodní.
- 4) Zedefinovanie účinnosti rekonfigurácie ako kritéria v procese obstarávania zdrojov pre redispečing.
- 5) Zavedenie implementačných procesov pre dispečerské riadenie v reálnom čase.
- 6) Vytvorenie finančného rámca pre krytie nákladov nápravných opatrení (redispečingu).
- 7) Predstavenie súvisiacej problematiky rozdelenia nákladov redispečingu medzi zúčastnené strany.

Momentom schválenia a nadobudnutím účinnosti tzv. Siet'ových predpisov získajú procesy implementácie redispečingu ráz záväznosti pre PPS. Z tohto dôvodu bude spracovaná problematika v tejto práci dôležitým východiskom pre povinný implementačný proces nápravných opatrení.

Záver

Dizertačná práca spracováva problematiku riešenia situácií neplnenia bezpečnostného kritéria N-1. Práca vychádza z odporúčaní Prevádzkovej príručky RG CE, niektorých spoločných postupov schválených v rámci regiónu strednej a východnej Európy a v neposlednom rade z interných smerníc SEPS. Bezpečnostné kritérium N-1 možno vyhodnocovať z pohľadu dodržania niekoľkých prevádzkových limitov. Relevantnými sú napät'ové limity, skratové prúdy, rezervy jalového výkonu, no najmä limity dovolenej prúdovej zaťažiteľnosti prvkov, ktoré predstavujú najčastejšie situácie neplnenia kritéria N-1.

Analýza v súčasnosti implementovaných opatrení jasne poukázala na obmedzené možnosti použitia niektorých opatrení počas kritických stavov v prepojenej sústave. Rekonfigurácie rozvodní sú v súčasnosti považované za najefektívnejšie opatrenia z pohľadu obmedzenia výkonových tokov na kriticky zaťažených prvkoch v sústave. Z prevádzkového hľadiska je v prípade ich realizácie najzávažnejším problémom plnenie synchronizačných limitov (najmä uhla napätia φ) pri spätnom kruhovaní prípojnic v rozvodni a rovnako riziko tranzitu výkonu cez paralelne prepojené distribučné sústavy. Výpočet a simulácia podmienok kruhovania sústav potvrdila závislosť uhla φ od prenášaného výkonu na vyšetřovanom prvku. Z dôvodu rizika prenosu tranzitného toku na úroveň distribučnej sústavy je nutné počas rekonfigurácií meniť zapojenie paralelne prepojených distribučných transformátorov PS/DS.

Predmetnými kritickými situáciami tejto dizertačnej práce, voči ktorým bolo v zmysle zadania potrebné navrhnúť realizovateľné opatrenia, sú situácie neplnenia kritéria N-1 na slovensko-českom cezhraničnom profile. Na základe štatistického vyhodnotenia zaťaženia jednotlivých prvkov v období rokov 2013-2014 boli identifikované najviac zaťažené vedenia: 400 kV vedenie V404 Varín – Nošovice a 220 kV vedenie V270 Považská Bystrica – Lískovec. V práci sú definované kritéria pre výber rekonfigurovateľných rozvodní a následne navrhnuté a simuláciami overené dopady nových rekonfigurácií v rozvodniach Varín a Križovany, na českej strane profilu je spracovaná rekonfigurácia v rozvodni Nošovice. Pre potreby implementácie rekonfigurácií v dispečerskom riadení ES v reálnom čase sú v práci definované postupy aktivácie a zrušenia rekonfigurácií. Navrhnuté opatrenia sú spracované po úroveň dosiahnuteľnú v rámci fázy prípravy opatrenia, ďalším krokom pred uvedením do praxe by mali byť testy v reálnej prevádzke pri koordinácii so všetkými dotknutými partnermi.

Problematika cezhraničného redispečingu nie je v súčasnosti spracovaná na úrovni dispečerského riadenia ES SR. V práci sú analyzované potenciálne zdroje redispečingu na oboch stranách profilu. Na základe simulácií bol definovaný pojem účinnosti redispečingu, ktorý vyjadruje vplyv zmeny výroby v oblasti na zaťaženie dotknutého prvku sústavy. Redispečing je v práci komplexne spracovaný od analýzy zdrojovej základne, zhodnotenie účinností, metódy obstarávania potrebných objemov až po postupy aktivácie a deaktivácie v reálnej prevádzke. Spracované prínosy pre prax obsahujú návrh procesov realizácie obstarávania potrebného objemu pre redispečing formou podpornej služby, čím budú v budúcnosti vyriešené náklady súvisiace s týmto opatrením. Opatrenie redispečing má momentálne nedostatočnú oporu v národnej legislatíve, najmä v tzv. sekundárnej legislatíve, ktorú predstavujú Rozhodnutia ÚRSO. Tieto Rozhodnutia sú kľúčové pre uvedenie redispečingu do praxe.

Hlavné prínosy práce spočívajú v stanovení kritérií a podmienok realizácie rekonfigurácií a redispečingov ako nápravných opatrení pre plnenie kritéria N-1. V súčasnosti pripravovaná legislatíva Európskej únie bude vyžadovať od prevádzkovateľov prenosových sústav hlbšiu formu spolupráce práve pri príprave, realizácii a zúčtovaní spoločných nápravných opatrení. Spracované problematiky predstavujú vhodné východiská špeciálne pre potreby prevádzkovateľa PS SR pri rokovaniach s ostatnými prevádzkovateľmi sústav v regióne o spôsobe implementácie novej legislatívy do praxe. Odhliadnuc od očakávaného tlaku európskej legislatívy na zavedenie takýchto cezhraničných opatrení do praxe je ich spracovanie minimálne na úrovni interných pravidiel v rámci prípravy prevádzky dôležité z pohľadu rozšírenia možností riešenia kritických situácií pre dispečera SED. V dispečerskom riadení v reálnej prevádzke musí totiž platiť zásada, že dispečer má mať k dispozícii všetky technicky realizovateľné opatrenia a nesmú ho obmedzovať ekonomické či legislatívne prekážky, resp. absencia riešení týchto opatrení po legislatívno-obchodnej stránke.

Vybraná použitá literatúra

- [1] RG CE Operation Handbook: Policy 3 Operational Security [online]. Brussel – Belgium: ENTSO-E, 19/3 2009. Dostupné na internete: <<https://www.entsoe.eu>>.
- [2] RG CE Operation Handbook: Appendices Operational Security [online]. Brussel – Belgium: ENTSO-E, 19/3 2009. Dostupné na internete: <<https://www.entsoe.eu>>.
- [3] Dispečerský pokyn č. 2/5 „Postup pri realizácii rekonfigurácií v PS SR“. SEPS, a.s. 2015, interný dokument SEPS, a.s.
- [4] Dispečerský poriadok na riadenie elektrizačnej sústavy SR. [online]. SEPS, a.s., 2009. Dostupné na internete: <<http://www.sepsas.sk>>.
- [5] CAO Central Allocation Office GmbH: <<http://www.central-ao.com>>.
- [6] Technické podmienky prístupu a pripojenia, pravidiel prevádzkovania prenosovej sústavy. [online]. Bratislava: SEPS, a.s., Január 2015. Dostupné na internete: <<http://www.sepsas.sk>>.
- [7] Position of ČEPS, MAVIR, PSE Operator and SEPS regarding the issue of Bidding Zones Definiton, Marec 2012. Dostupné na internete: <<http://www.sepsas.sk>>.
- [8] Ficek, Š.: Fázovanie a kruhovanie, Internal handbook SED Žilina, 1991.
- [9] Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s.: <<http://www.sepsas.sk>>.
- [10] Manufacturing Execution Systems - informačný systém pre zber a archiváciu dát, IPESOFT, licencia D2000, 2015.
- [11] Altus, J., Jedinák, M., Prieložný, S., Šmidovič, R.: Reconfiguration in the Transmission System of the Slovak Republic, Journal of Energy and Power Engineering USA, 2013, ISSN1934-8975.
- [12] Jedinák, M., Šmidovič, R., Janiček, F.: The Impact of Unplanned Transits of Power Flows on Transmission System Operation, Elektroenergetika 2013: 7th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering. Stará Lesná, Slovakia, September 18-20, 2013, ISBN 978-80-553-1441-9. - S. 98-100.
- [13] Jedinák, M., Prieložný, S., Šmidovič, R.: Topology changes in the transmission system of the slovak republic, 10th International Conference, Control of power systems 2012 Tatranské Matliare, Slovak Republic, 2012, paper.
- [14] ENTSO-E wide Awareness System (EAS), Rules of Operation (draft), ENTSO- E, 2014.
- [15] Prevádzková inštrukcia č. 133-2: RAAS a EIS v podmienkach PS SR, SEPS, a.s., 2011, interný dokument SEPS, a.s.
- [16] Network Codes Development Process, interný materiál ENTSO-E, 2012. Dostupné na internete:<<https://www.entsoe.eu>>.
- [17] Sieťový predpis Network Code on Operational Security, [online]. Brussel – Belgium: ENTSO-E, 24.september 2013, Dostupné na internete: <<http://networkcodes.entsoe.eu>>.
- [18] Sieťový predpis Network Code on Operational Planning and Scheduling, [online]. Brussel – Belgium: ENTSO-E,24.september 2013. Dostupné na internete: <<http://networkcodes.entsoe.eu>>.
- [19] Sieťový predpis Capacity Allocation and Congestion Management (verzia pre komitologický proces), [online]. Brussel – Belgium: ENTSO-E, 2014. Dostupné na internete: <<https://www.entsoe.eu>>.
- [20] Šaderová, J.: Príklad použitia multikriteriálneho hodnotenia pre výber dopravného systému, TU v Košiciach, F BERG, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, 2013.
- [21] RG CE Operation Handbook: Policy 4 Coordinated Operational Planning [online]. Brussel – Belgium: ENTSO-E, 19/3 2009. Dostupné na internete: <<https://www.entsoe.eu>>.

Zoznam publikácií autora súvisiacich s problematikou dizertačnej práce

Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách a časopisoch

- [1] Janiček, F., Jedinák, M.: The Impact of the Topology Changes Implementation to Synchronization Options in the Transmission System. In: Electric Power Engineering 2014: Proceedings of the 15th International scientific conference on Electric power engineering (EPE); Brno, Czech Republic, 12.-14. May 2014. - : Brno University of Technology, 2014. - ISBN 978-1-4799-3806-3. - S. 7-10.
- [2] Jedinák, M., Janiček, F.: Remedial actions to fulfillment of the N-1 security criterion implemented in the region of Central and Eastern Europe, In: Electric Power Engineering 2013: 14th International Scientific Conference. Kouty nad Desnou, Czech Republic, May 28-30, 2013. - Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, 2013. - ISBN 978-80-248-2988-3.
- [3] Janiček, F., Jedinák, M., Šulc, I.: The Application of Probabilistic Safety Assessment of the Transmission System for the Transmission Capacity Calculation of Cross-Border Profiles. In: ELEN 2012 [elektronický zdroj]: Elektroenergetika 2012. Odborná konferencia. Praha, 11.-12.9.2012. - Praha: ČVUT, 2012. - ISBN 978-80-01-05096-5. - CD-ROM, [4] s.
- [4] Altus, J., Jedinák, M., Prieložný, S., Šmidovič, R.: Reconfiguration in the Transmission System of the Slovak Republic, Journal of Energy and Power Engineering 7, USA, 2013, 577-582, ISSN 1934-8975, s. 577-582.

Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách a časopisoch

- [5] Jedinák, M., Grega, M., Janiček, F.: European awareness system, In: Power Engineering 2014. Control of Power Systems 2014 [elektronický zdroj]: 11th International Scientific Conference CPS 2014. Tatranské Matliare, Slovakia, May 20-22, 2014. - Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2014. - ISBN 978-80-89402-72-4.
- [6] Jedinák, M., Šmidovič, R.: Technical requirements to generators, In: Power Engineering 2014. Control of Power Systems 2014 [elektronický zdroj]: 11th International Scientific Conference CPS 2014. Tatranské Matliare, Slovakia, May 20-22, 2014. - Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2014. - ISBN 978-80-89402-72-4.
- [7] Jedinák, M., Zafková, L., Janiček, F.: Defence Plan of the Transmission System in the Context of an Increase Renewable Energy Sources Installation. In: Renewable Energy Sources 2013: 4th International Scientific Conference OZE 2013. Tatranské Matliare, Slovakia, May 21-23, 2013. - Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2013. - ISBN 978-80-89402-64-9. - S. 241-245.
- [8] Jedinák, M., Šmidovič, R., Janiček, F.: The Impact of Unplanned Transits of Power Flows on Transmission System Operation. In: Elektroenergetika 2013: 7th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering. Stará Lesná, Slovakia, September 18-20, 2013. - Košice: Technical University of Košice, 2013. - ISBN 978-80-553-1441-9. - S. 98-100.
- [9] Jedinák, M., Prieložný, S., Šmidovič, R.: Topology changes in the transmission system of the Slovak Republic, In: Power Engineering 2012. Energy - Ecology - Economy 2012 [elektronický zdroj]: 11th International Scientific Conference EEE 2012. Tatranské Matliare, Slovakia, May 15-17, 2012. - Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2012. - ISBN 978-80-89402-49-6.
- [10] Janiček, F., Jedinák, M., Šulc, I.: Awareness system implemented in the European network, Journal of ELECTRICAL ENGINEERING, VOL. 65, NO. 5, 2014, 299–303
- [11] Jedinák, M., Prieložný, S., Šmidovič, R.: Bezpečnosť prevádzky ES SR zmenou topológie sústavy, ATP Journal, 7/2012, str. 49-51.