

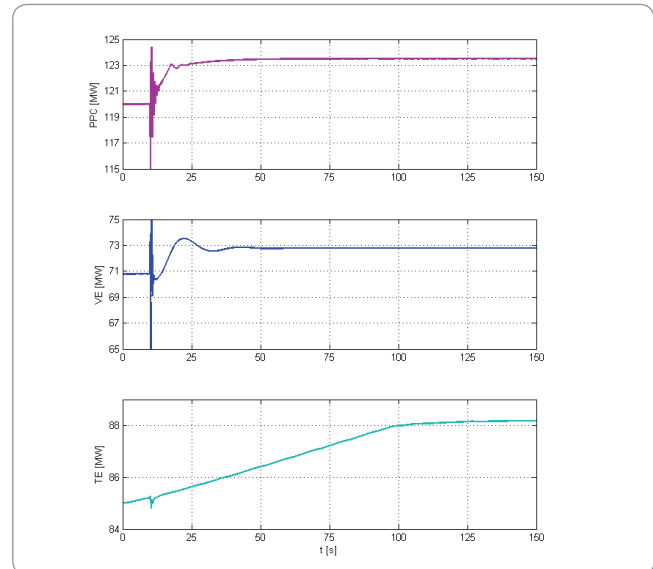
Význam veľkých vodných elektrární v havarijnom riadení ES

Beznapäťový stav elektrizačnej sústavy (ES) spôsobuje extrémne straty v hospodárstve, veľké problémy vo fungovaní inštitúcií a tiež komplikácie v živote všetkých obyvateľov v tej oblasti, kde nastal. Všetky negatívne dôsledky beznapäťového stavu ES rastú s časom a určite rýchlejšie ako lineárne. Preto je nesmierne dôležité, aby bol stanovený systémový postup na obnovenie normálnej prevádzky. Ten treba overiť na dobrom dynamickom simulačnom modeli ES. Nevyhnutné je tiež zabezpečiť riadiacu schopnosť na manažérskych úrovniach riadenia tak, aby všetky zložky riadenia prenosovej sústavy a elektrární dokonale ovládali tento systémový postup a tiež aby významní odberatelia mali základné informácie a tom, ako možno v čo najkratšom čase obnoviť prevádzku sústavy. Určite netreba zdôrazňovať fakt, že bez elektriny nastáva po určitom čase kolaps nielen hospodárstva, ale aj mnohých funkcií spoločenského fungovania. V práci [1] boli uvedené úvodné aspekty problematiky obnovenia normálnej prevádzky ES po poruche typu black-out, keď sa sústava dostáva do beznapäťového stavu. Tento príspevok hovorí o tom, aké zdroje elektriny – elektrárne majú kľúčovú úlohu obnovy normálnej prevádzky po systémovej poruche, keď je národná elektrizačná sústava (ES) v beznapäťovom stave, čiže keď sú všetky elektrárne vypnuté (najmä ochranami). Národná ES je v najzložitejšom stave, keď je na obnovenie normálnej prevádzky nevyhnutné použiť systémový postup [1]. Systémové postupy navrhujú a pravidelne inovujú prevádzkovatelia prenosových sústav.

Cieľom tohto príspevku je poukázať na kľúčové otázky riadenia ES, keď ju treba dostať z beznapäťového stavu do normálnej prevádzky. Nebudeme sa venovať organizačným otázkam, ktoré sú najdôležitejšie a musia byť stanovené prevádzkovateľom prenosovej sústavy, pričom majú, samozrejme, určitý stupeň utajenia. Naším cieľom je venovať sa otázkam automatického riadenia zdrojov tak, aby bolo vôbec možné nastolenie normálnej prevádzky, a poukázať na kľúčové momenty tohto procesu. Dôležitým momentom pri riešení je najmä skladba zdrojov, ktoré má k dispozícii prevádzkovateľ prenosovej sústavy (PPS) so službou „štart z tmy“. O túto službu sa elektrárne uchádzajú u PPS a podlieha skúškam najskôr na simulačnom modeli a ak je principiálne zdroj z uchádzajúcej sa elektrárne schopný zabezpečiť (podať) napätie niektorej systémovej elektrárni, potom sa služba udelí až po praktickom preverení. Dôležitá je aj skladba systémových elektrární (ide o kľúčové elektrárne s väčším výkonom), nakoľko majú rôzne podmienky ostrovej prevádzky. Ostrovná prevádzka označuje taký prevádzkový stav, keď ohraničená časť synchronnej oblasti (ES EU) pracuje izolovane od ostatnej väčšinovej časti ES. Ostrov musí obsahovať okrem záťaží aj určité elektrárne, ktoré sú schopné dodávať výkon v rovnakej hodnote, ako je suma záťaží, a tiež zabezpečiť stabilitu a reguláciu frekvencie.

Experimenty na zložitých simulačných modeloch ES ukazujú, že optimálna cesta riešenia problému obnovy normálnej prevádzky národnej ES vedie cez aktiváciu určitej časti sústavy, tzv. kmeňového ostrova [1]. Najdôležitejšou vlastnosťou kmeňového ostrova musí byť stabilita, čo je schopnosť zachovať konštantné systémové parametre, ako je frekvencia aj po poruche. Stabilita kmeňového ostrova závisí od schopnosti regulovať frekvenciu v ostrove, kde majú podstatnú úlohu zdroje s rýchlou dynamikou a s dostatočným výkonom na reguláciu. Z tohto hľadiska sú najvhodnejšie vodné elektrárne s dostatočným výkonom a elektrárne s paroplynovým cyklom. Na porovnanie uvádzame na obr. 1 prechodové charakteristiky jedného bloku vodnej elektrárne s výkonom 73 MW, PPC s výkonom 123 MW, ako aj tepelnej elektrárne s výkonom 90 MW. Z uvedených experimentov vidno, že dynamika regulácie výkonu (a teda aj frekvencie) je najrýchlejšia pri vodných zdrojoch a najpomalšia pri tepelných elektrárnach, pričom podstatne nezávisí od veľkosti bloku. Na uvedenom experimente vidno, že PPC blok reguluje frekvenciu za 42 s, blok vodnej elektrárne za 22 s a tepelnej za 90 s. Už tieto časy jasne hovoria, aký typ elektrárne je najvhodnejší na reguláciu frekvencie v ostrove. To znamená, že kmeňový ostrov

nevyhnutne potrebuje čo najväčšiu elektrárňu zloženú z vodných blokov. Dobré je tiež mať v ostrove elektrárňu typu PPC. Klasické tepelné elektrárne by mali byť použité pri obnove sústavy len v krajnom prípade, nakoľko proces obnovy prevádzky ES veľmi predlžujú.



Obr. 1 Prechodové charakteristiky zdrojov

Poznámka:

VE – vodné elektrárne

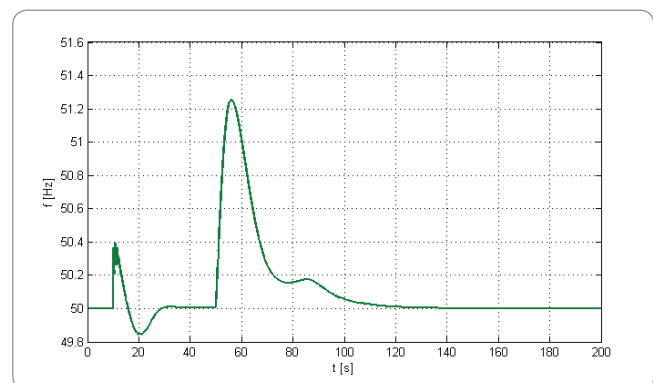
PPC – elektrárne s paroplynovým cyklom

TE – tepelné elektrárne

JE – jadrové elektrárne

Najdôležitejšou vlastnosťou, ktorú musí mať ES v ostrovej prevádzke, je dynamická stabilita, čo je schopnosť zabezpečiť konštantné hodnoty prevádzkových veličín aj po pôsobení veľkých porúch. Analytický výpočet stability rovnovážneho stavu ES nie je jednoduchá úloha a pre jednoduché ostrovné ES v súčasnosti ani neexistuje vhodná metóda. Existuje tzv. všeobecná teória stability, ktorá však poskytuje veľmi konzervatívne výsledky a nedá sa na nelineárne systémy typu ES presnejšie aplikovať. Najspoľahlivejšia analýza stability ES je simulačný výpočet prechodných procesov ES na overenom počítačovom modeli. Táto metodika je použitá aj v nasledujúcej porovnávacej analýze stability ostrova ES obsahujúceho v prvom prípade významnú vodnú elektrárňu, v druhom prípade reguláciu frekvencie dominantne zabezpečujú PPC. Regulácia frekvencie v rovnakom ostrove len s tepelnými elektrárnami nie je úspešná.

Na obr. 2 sú uvedené prechodné procesy ostrovej prevádzky ES veľkého kmeňového ostrova. Parametre ostrova ES v prvom experimente sú nasledujúce:



Obr. 2 Priebeh frekvencie ES – ostrov 1

1. zaťaženie 460 MW,
2. zdroje: VE – 240 MW, PPC – 120 MW, JE – 100 MW.

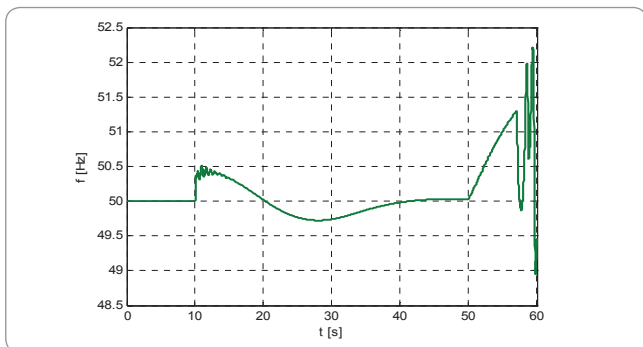
Poruchy sú dve. V 10 s nastane trojfázový skrat v rozvodni v trvaní 100 ms a v 50 s vypadne záťaž v hodnote 30 MW.

Z priebehu frekvencie na obr. 2 vidno, že ostrov ES je stabilný aj po poruche v 10 s, aj po výpadku záťaže v 50 s. Je to hlavne zásluhou regulačných schopností vodnej elektrárne, ktorá je v otáčkovej regulácii a má štyri bloky po 60 MW.

V druhom experimente ponecháme len dva bloky na vodnej elektrárni, a teda znížime jej výkon na 120 MW. Výrobu zvýšime na bloku jadrovej elektrárne. Parametre ostrova ES v druhom experimente sú:

1. zaťaženie 460 MW,
2. zdroje: VE – 120 MW, PPC – 120 MW, JE – 220 MW.

Výsledky simulácie sú uvedené na obr. 3.



Obr. 3 Priebeh frekvencie ES – ostrov 2

Je zrejmé, že zníženie regulačných schopností frekvencie ostrova spôsobí zhoršenie stability. Pri menšej poruche v 10 s sú prechodné procesy stabilné, ale pri výpadku záťaže už nastane porušenie stability, čo sa prejavuje nadmerným nárastom frekvencie s následným vypnutím bloku jadrovej elektrárne a potom rýchlym znížením frekvencie a konečným kolapsom frekvencie, a teda aj stability ES. Aj keď patrí elektrárne s PPC z hľadiska regulácie frekvencie do kategórie stredne rýchlych, nestačí to na zabezpečenie stability

kmeňového ostrova, ak je výkon vodných blokov malý, teda na dostatočne rýchlu reakciu riadiaceho systému otáčok.

Záver

Cieľom príspevku bolo publikovať výsledky výskumu z oblasti riešenia obnovy normálnej prevádzky elektrizačnej sústavy po poruche typu black-out. Závažným výsledkom je vypracovanie systémového prístupu obnovy zavedením kmeňového ostrova, určením podmienok jeho stabilnej prevádzky a tiež možnosťami rozširovania na celé územie národnej ES. V príspevku je zdôraznený význam vodných elektrární v tomto procese vrátane ukážky na konkrétnom príklade.

Zlepšenie regulačných schopností elektrární v ostrovej prevádzke môže byť dosiahnuté zavedením špeciálnych regulátorov ostrovej prevádzky, čo však nie je bežné v doteraz implementovaných riadiacich systémoch turbín vodných elektrární a neukladá to ani žiadne nariadenie správnych orgánov ES EÚ. Táto otázka je momentálne predmetom výskumu na viacerých pracoviskách a až ten ukáže možnosti a opodstatnenosť zavádzania týchto špeciálnych regulátorov.

Príspevok vznikol s podporou Centra excelencie STU SMART II, ITMS: 26240120029.

Literatúra

- [1] Murgaš, J. – Ernek, M.: Nebezpečenstvo blackoutov stále hrozí. In: ATP Journal, 2012, č. 7, s. 52 – 53.

prof. Ing. Ján Murgaš, PhD.

jan.murgas@stuba.sk

Ing. Martin Ernek

martin.erne@stuba.sk

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
Ilkovičova 3, 81219 Bratislava