

Alexander Mészáros

## Hodnotenie ekonomickej efektívnosti projektov v elektroenergetike

Predkladaný príspevok opisuje hlavné problémy a všeobecné zásady pri hodnotení ekonomickej efektívnosti projektov, s dôrazom na riešenie optimalizačných úloh v elektrizačnej sústave. Uvádza príklad metodiky na optimalizáciu činných výkonových strát a tiež na ich oceňovanie s aplikáciou na konkrétnu realizáciu výpočtu.

Kľúčové slová: maximum ekonomického efektu, minimum vynaložených nákladov, optimalizácia prevádzky, minimalizácia činných strát, oceňovanie elektriny, aktualizovaný zisk

### I. ÚVOD

Až do konca 80. rokov minulého storočia bola inštitucionálna a regulačne právna štruktúra elektroenergetiky priemyselne vyspelých krajín dlhodobo stabilná. Reformy v 30-ych až 40-ych rokoch potvrdili teritoriálny monopol energetických podnikov, posilnili regulačnú funkciu štátu a taktiež mechanizmy na koordináciu a plánovanie. Cieľom bolo podporiť rýchlejší rozvoj elektrizačných sústav, racionálne riadenie sietí a univerzálnosť poskytovaných služieb. Čo sa týka technicko-ekonomického a politického statusu elektroenergetiky a spôsobu jej regulácie, neboli medzi rôznymi organizačnými modelmi žiadne zásadné rozdiely.

Elektroenergetika sa v rôznych štátoch štruktúrovala do relatívne podobného modelu založeného na *troch hlavných zásadách* [8]: *koordinácia nasadzovania výrobných zariadení (podľa miery prínosu), dlhodobé plánovanie a riadenie s vysokým stupňom regulácie.*

Bez ohľadu na rôzne inštitucionálne formy má tento model niektoré spoločné charakteristické vlastnosti: *vertikálna integrácia, územný monopol na regionálnej alebo celoštátnej úrovni a sociálne požiadavky na zásobovanie elektrinou, požiadavka spravodlivosti a podpory ekonomického a sociálneho rozvoja.* Medzi rôznymi variantmi tohto modelu neexistujú zásadné rozdiely v organizačných princípoch. Ide napr. o model verejnoprávneho monopolu buď celoštátneho či regionálneho rozsahu, alebo o model charakterizovaný rozdelením na segmenty, avšak koordinovaný a kváziintegrováný, s riadiacou funkciou prevádzkovateľa siete, s plánovaním zo strany rezortného ministerstva a s finančnou integráciou medzi výrobou a distribúciou. Okrem toho existuje ešte celý rad zmiešaných modelov, kde distribúcia je sčasti oddelená od ostatných aktivít.

*Prevažujúci výskyt tohto modelu možno vysvetliť investičnou náročnosťou všetkých troch článkov elektroenergetiky (výroba, prenos a dispečerské riadenie, distribúcia), dôležitosťou ekonomických efektov vyplývajúcich z rozsahu, mimoriadnou zložitosťou potreby zladit' neskladovateľnosť elektriny s povinnosťou zabezpečiť jej dodávku (v rozsahu, ktorý je z tohto dôvodu stochastický) a v neposlednom rade predchádzajúcou situáciou s príznačným prudkým rastom spotreby, ktorá založila funkciu plánovania. Elektroenergetika tak získala štatút, pre ktorý je charakteristická aktivita iba s jediným finálnym výrobcom, a infraštruktúra rešpektujúca racionálnosť globálnej optimalizácie integrovaných sietí, logiku verejne prospešných služieb (služieb vo verejnom záujme) a kolektívneho záujmu (zabezpečenosť dodávok energie).*

Rôznorodosť organizačných foriem vychádzajúcu z princípu silnej koordinácie možno vysvetliť spoločenskými a inštitucionálnymi zvláštnosťami jednotlivých štátov, ako je organizácia politickej a administratívnej moci (stupeň centralizácie, postavenia miestnych orgánov a pod.), rôznyi obsah prisudzovaný pojmu verejne prospešných služieb, tradícia v oblasti legislatívy a intervencionizmu. Rôznorodosť vlastníckych práv spojených s týmito špecifickými

zvláštnosťami má vo vzťahu k logike fungovaniu jednotlivých organizačných variantov iba menší význam.

*Spomalenie ekonomického rastu v priemyselne vyspelých krajinách koncom 80-ych rokov viedlo v elektroenergetike k vzniku prebytočných veľkých výrobných kapacít. Vytvorila sa priaznivá situácia pre požiadavky veľkých odberateľov, ktorí sa v záujme využitia výhod vyplývajúcich z rozdielu cien usilovali o možnosť prístupu k iným energetickým podnikom, nie iba k svojmu „legálnemu“ dodávateľovi. Spomalením (v štruktúrnom poňatí) rastu dopytu po elektrine (interpretovano sa to ako približovanie sa elektroenergetiky stavu zrelosti) sa oslabil všeobecný princíp silnej vnútornej koordinácie. V režime kvázistagnácie sprevádzanom rozsiahlym útlmom infraštruktúry začala citeľne ustupovať predstava o neadekvátnosti alternatívnej koordinácie pomocou trhových mechanizmov. V menej rozvinutých krajinách bol vývoj v elektroenergetike ovplyvňovaný tiež vysokými nárokmi na financovanie jej infraštruktúry, najmä v súvislosti s krízou (v zahraničnej zadĺženosti).*

*V posledných 20-25 rokoch došlo tiež k významným zmenám v technologickej základni elektroenergetiky [2, 6]. Príčinou na jednej strane bola spoločenská blokáda rozvoja jadrovej energetiky v mnohých vyspelých štátoch, dosiahnutie medzných účinností klasických elektrární, rast nákladov na prenos a distribúciu (z hľadiska ochrany životného prostredia) a stav nasýtenia v oblasti ekonomických efektov z rozsahu. Na druhej strane technický pokrok v oblasti plynových turbín vytvoril nové možnosti na rozsiahlejšie využitie nových technológií (základom ktorých sú plynové turbíny), ktoré sú využiteľné decentralizovane, sú investične menej náročné a môžu sa ľahšie prispôsobiť konkurenčnému režimu a požiadavkám na rozšírenie nezávislej výroby. Paralelne s týmto vývojom dochádzalo tiež k pokroku v oblasti informatiky, telekomunikácií a v účtovných postupoch, ktorý umožňuje riadiť trh s elektrinou v reálnom čase a zabezpečiť informovanosť medzi výrobcami a kupujúcimi s nižšími nákladmi na príslušné transakcie [10, 11]. Pokrok v týchto disciplínach (najmä dokonalejšie interface medzi centrom a perifériou) rovnako umožňuje uskutočniť zmiešaný technologický systém tvorený jedným centrálnym výrobcom, prevádzkovateľom prenosovej sústavy a väčším počtom decentralizovaných výrobcov.*

V priebehu 90-ych rokov došlo k destabilizácii organizačného usporiadania elektroenergetiky v dôsledku pôsobenia rôznych spoločenských, ekonomických a technologických faktorov. Vplyvom relatívnej stagnácie odfytu sa rozvojový režim elektroenergetiky v priemyselne vyspelých krajinách radikálne zmenil. *Neoliberálna kritika začala poukazovať na jej skutočnú alebo predpokladanú disfunkciu s návrhom na nahradenie regulovaného monopolu konkurenciou.*

Posledné zmeny v organizácii a regulácii elektroenergetiky možno zdôvodniť nedokonalým fungovaním doterajšieho organizačného modelu, resp. *výčerpaním jeho možností (napr. absencia akejkoľvek motivácie k zvyšovaniu účinnosti v podmienkach verejnoprávneho*

monopolu). Podnetom k príprave a realizácii reforiem boli najmä kumulatívne zmeny východiskových podmienok. Tieto reformy sa z určitých strán interpretovali ako nevyhnutný pohyb smerom k privatizácii a deregulácii.

Na uskutočnené zmeny mali vplyv dva závažné momenty. Stále väčší význam environmentálnych súvislostí elektroenergetiky prispieva k rastu autority a moci regulačných orgánov, konkrétnym výrazom čoho je nielen vydávanie stále prísnejších noriem, ale taktiež zásahy do stratégie elektrárenských spoločností (napr. riadenie spotreby).

*Kritika spochybňuje základné aspekty ingerencie štátu, t.j. verejnoprávne vlastníctvo, reguláciu a stanovenie politických a sociálnych cieľov.*

Tieto hľadiská sa prejavili najmä v elektroenergetike USA a Veľkej Británie, na modely deregulácie ktorých sa najčastejšie odvoláva. V USA existuje súkromný regulovaný monopol, v Európe verejný alebo poloverejný monopol. Dôležitým rysom oboch modelov je potlačenie úlohy štátu ako výrobcu a súčasne regulačného orgánu, zavedením konkurencie v rôznej forme, ktorá je zárukou efektívnosti pri nahradení regulácie a konvergencie národných energetík smerom k otvoreniu svojich trhov.

Prístup k reformám v elektroenergetike bol významným spôsobom ovplyvnený diskusiou o deregulácii v oblasti telekomunikácií. Technický vývoj umožnil zmenu charakteru verejne prospešných služieb a rozšírenie oblastí súťaženia. To platí hlavne pre telekomunikácie, ale aj pre elektroenergetiku. *Malé kogeneračné elektrárne a bloky s paroplynovým cyklom môžu vo výrobe elektriny súťažiť s veľkými elektrárnami*, ktoré dodávajú elektrinu do prepojenej siete, ale sú vzdialené od miesta spotreby. *Výroba elektriny nie je teda prirodzeným monopolom a nemá žiadne exkluzívne práva.* Technický pokrok umožňuje dopravovať elektrinu na veľké vzdialenosti pri použití veľmi vysokého napätia.

*Efektívnosť monopolov, najmä štátnych alebo vo verejnom vlastníctve, je spravidla nižšia ako v podnikoch, ktoré fungujú v konkurenčnom prostredí.* Pre monopoly rovnako ako pre štátnu správu sú charakteristické byrokratické praktiky a vysoké investície.

## II. PROBLÉMY A VŠEOBECNÉ POŽIADAVKY PRI HODNOTENÍ EKONOMICKEJ EFEKTÍVNOSTI PROJEKTU

Rozhodovanie o investíciách v trhovej ekonomike má mimoriadny význam, pretože subjekt podnikania rozhoduje o tom, či určitú investíciu realizovať, alebo nie. Na rozdiel od bežných prevádzkových rozhodnutí, prípadné chyby pri ktorých obyčajne možno jednoduchšie napraviť, investičné rozhodnutia majú dlhodobé účinky. Nesprávne zameraná, alebo neefektívna investícia môže zapríčiniť finančné problémy, alebo úpadok príslušného investora. Viacnásobne to platí v investične tak náročnom hospodárskom odvetví, akým je energetika. Prvotným krokom pri hodnotení realizovateľnosti každého projektu je hodnotenie jeho ekonomickej efektívnosti.

Tvrďa konkurencia, ktorá sa prejavuje aj na trhoch s elektrinou, vyžaduje prísne optimalizovať rozhodovanie o výstavbe, projektovanie, budovanie a prevádzku elektroenergetických diel a ich častí (elektroenergetických objektov a zariadení). Treba čo najviac využívať zariadenia, a teda aj prostriedky do nich investované. Vyhovujúce nemusí byť vždy technicky najlepšie alebo investične najlacnejšie riešenie, ale také riešenie, ktoré bude mať z technického i z ekonomického hľadiska najvýhodnejšie parametre. V celkovom rozhodovaní o efektívnosti projektu majú dôležitú úlohu nielen *technické a ekonomické kritériá*, ale napokon aj hľadiská štátneho záujmu (politické), obranné (vojenské), environmentálne a pod.

*Optimalizáciou rozumieme proces hľadania najvýhodnejšieho riešenia (projektu) podľa zvolených kritérií.* Výsledkom tohto procesu je *optimálny variant*, ktorý je však vždy viazaný na kritériá, podľa ktorých bol zistený. Treba upozorniť na to, že často sa porovnávajú výsledky optimalizačných výpočtov, ale o použitých kritériách porovnávania sa už nehovorí. Takýto postup má potom významné

dôkazové nedostatky a dve sporné strany sa obvykle nemôžu dohodnúť na tom, kto má pravdu.

V praxi sa kvalita technologických, výrobných, ekonomických či rozhodovacích procesov musí skúmať obyčajne súčasne z viacerých aspektov, ktoré možno vyjadriť rôznymi kritériami, formulovanými v podobe rôznych účelových funkcií. Napr. hodnotený projekt musí zodpovedať istým materiálovým, energetickým, technickým, ekonomickým, environmentálnym, sociálnym, trhovým atď. kritériám. To znamená, že porovnávané varianty nie je možné charakterizovať jediným kvantifikovateľným ukazovateľom, podľa hodnoty ktorej by bolo možné stanoviť najlepší variant. Ako ilustráciu možno uviesť výber najlepšieho variantu, ktorý zabezpečuje maximálne materiálové, energetické, technické či ekonomické úspory. Jednotlivé projekty sú hodnotené podľa sústavy ukazovateľov, takže úloha spočíva v porovnávaní vektorov čísiel, ktoré ich charakterizujú.

Často nie je možné riešenie úlohy na výber najlepšieho variantu striktnie viazať na dodanie presných definícií, ktoré by umožnili jednoznačne usporiadanie variantov. Problémom výberu najlepšieho variantu sa potom väčšinou rozumie vypracovanie vhodnej definície, alebo metodiky a jej nasledujúca aplikácia. Pritom sa kombinujú logicko-matematické metódy s technicko-ekonomickými úvahami, prípadne sa môžu použiť i čisto empirické postupy.

Prvé problémy pri výbere najlepšieho variantu sa objavia ešte pred začatím porovnávania ich vektorových charakteristík. Zásadným problémom je už samotný *výber hodnotiacich kritérií*. V energetike sa k peňažnému vyjadreniu ekonomickej efektívnosti mnohokrát pridávali celý rad ďalších, spravidla naturálnych ukazovateľov - napr. mernú spotrebu energie, resp. tepla na výrobu elektrickej energie, percento strát v sieti a ďalšie. Použitie týchto rôznorodých ukazovateľov, vedúcich často k protichodným záverom, sťažuje objektívne posúdenie ekonomickej efektívnosti projektu. Rozhodnutie o efektívnosti posudzovaného riešenia potom závisí od subjektívneho názoru toho, kto robí výpočet ekonomickej efektívnosti a akú váhu prisúdi jednotlivým ukazovateľom. Proti peňažnému vyjadreniu ekonomickej efektívnosti projektu sa hlavne v minulosti často uvádzal argument, že vyžaduje použitie cien, tvorených na základe cenotvornej politiky, ktorá v dôsledku pôsobenia rôznych faktorov trpí radom nedostatkov. Technické parametre sú naproti tomu objektívne zmerateľné, sú teda oveľa spoľahlivejšie. Takéto názory zastávali veľmi často nielen technici, ale aj pracovníci v hospodárskych funkciách. Je potrebné si však uvedomiť, že napriek všetkým problémom cenotvorby, aj nedokonalé ceny poslúžia na posúdenie ekonomickej efektívnosti projektu omnoho dokonalejšie ako exaktne stanovené technické veličiny. Preto sa v každom prípade odporúča *peňažná forma vyjadrenia ekonomickej efektívnosti projektu*.

Ekonomická efektívnosť je charakterizovaná vzťahom ekonomického efektu a nákladov vynaložených na jeho dosiahnutie. Kritérium ekonomickej efektívnosti sa môže na základe tejto definície formulovať dvomi spôsobmi [12, 18], a to ako *kritérium*

- *maxima ekonomického efektu*, alebo
- *minima vynaložených nákladov*.

*Kritérium maxima ekonomického efektu* vedie k výberu takých variantov, ktoré zabezpečujú najväčšiu mieru plnenia ekonomického cieľa s danými výrobnými zdrojmi, zatiaľ čo *kritérium minima vynaložených nákladov* vedie k výberu takých variantov, ktoré zadanú mieru plnenia ekonomického cieľa zabezpečujú s najnižšími nákladmi. Pri dodržaní určitých podmienok obidve kritéria môžu viesť k rovnakému optimálnemu riešeniu. *Každý investičný projekt je realizovaný s určitými cieľmi, obyčajne ide o zníženie nákladov, alebo o zvýšenie zisku. Kritériom ich hodnotenia by mala byť miera splnenia týchto cieľov. Ak investícia má znížiť výrobné náklady, na jej hodnotenie sa môže použiť nákladové kritérium, ak má zvýšiť zisk, je potrebné použiť ziskové kritérium.* Kritérium minima nákladov je iba zvláštnym prípadom kritéria maxima ekonomického efektu, ktoré je vhodné na posudzovanie takých variantov, ktoré majú rovnaký výrobný efekt a z ktorých jeden musí byť realizovaný, spravidla z

nejakého mimoekonomického dôvodu. Pri voľbe typu kritéria je potrebné zvážiť aj to, akým spôsobom má zvolené kritérium vyjadrovať vzťah ekonomického efektu a vynaložených nákladov. Niektorí autori tento vzťah interpretujú ako pomer, pričom vzťah dvoch veličín môže byť vyjadrený aj ich rozdielom.

Ideálna investícia má vysokú výnosnosť, je bez rizika a zaplatí sa čo najrýchlejšie. Tieto kritériá sú protirečivé: investície s vysokou výnosnosťou sú obyčajne aj vysoko riskantné a naopak, málo riskantná a likvidná investícia je zase málo výnosná. Podstatou hodnotenia investícií je porovnávanie jednorazových investičných nákladov a ročných výnosov počas životnosti investície. Výnosom z investície je prírastok zisku (zisku po zdanení) a prírastok odpisov. Tieto dve položky tvoria cash flow (tok hodnotosti):

$$\begin{aligned} CF_t &= V_t - N_{prt} - N_{it} \\ CF_t &= V_t - N_{prt} - N_{it} + O_t \\ CF_t &= (V_t - N_{prt} - N_{it})(1 - D) + O_t \end{aligned} \quad (1)$$

kde  $CF_t$  je cash flow v roku  $t$  (€. $\text{rok}^{-1}$ ),

- $V_t$  - výnosy v roku  $t$  (€. $\text{rok}^{-1}$ ),
- $N_{prt}$  - prevádzkové náklady v roku  $t$  (€. $\text{rok}^{-1}$ ),
- $N_{it}$  - investičné náklady v roku  $t$  (€. $\text{rok}^{-1}$ ),
- $O_t$  - ročné odpisy (€. $\text{rok}^{-1}$ ),
- $D$  - pomerná daň zo zisku.

Konečným výsledkom porovnávania je rozhodnutie, či akciu uskutočniť, alebo v prípade porovnávania viacerých variantov, ktorý z nich realizovať.

Postup hodnotenia efektívnosti investícií obyčajne pozostáva z nasledovných krokov [3]:

1. určenie kapitálových výdavkov na investíciu, akciu alebo projekt,
2. odhadnutie budúcich peňažných príjmov, ktoré investícia priniesie a rizika, s ktorým sú tieto príjmy spojené,
3. určenie nákladov na kapitál vlastného podniku,
4. výpočet súčasnej hodnoty očakávaných výnosov.

Najproblematickejšie sú prvé dva kroky. Od reálnosti odhadu kapitálových výdavkov a budúcich peňažných príjmoch závisí úspešnosť celého investičného plánovania.

Určenie kapitálových výdavkov (investičných nákladov) na stroje a výrobné zariadenia je pomerne presné, bezproblémové, pozostávajú z nákupnej ceny, nákladov na dopravu a na inštaláciu, včítane výdavkov na projektovú a prípravnú dokumentáciu. Stanovenie, resp. odhad ostatných výdavkov, hlavne stavebných, na výskum a vývoj, na preškolenie pracovníkov, na ochranu životného a pracovného prostredia už také presné nie je. Prax svedčí o tom, že skutočné výdavky sa často výrazne líšia od predpokladaných, čo môže priviesť podnik do ťažkej hospodárskej situácie.

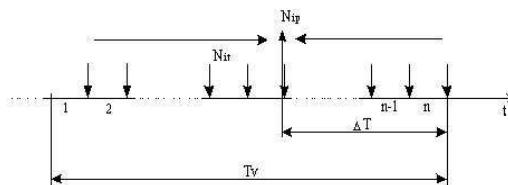
Kapitálové výdavky sú tvorené nasledovnými položkami:

1. nadobúdací cena investície, čiže nákupné ceny a všetky náklady spojené s nadobúdaním investície,
2. zvýšenie čistého pracovného kapitálu, čiže zvýšenie obežného majetku mínus zvýšenie krátkodobých záväzkov,
3. výdavky spojené s predajom a likvidáciou nahradeného investičného majetku – o príjmy sa investičné náklady znižujú,
4. daňové vplyvy.

V praxi sa často stáva, že investičná výstavba trvá niekoľko rokov, v tom prípade treba zohľadniť faktor času a kapitálové náklady aktualizovať, to znamená, prepočítať na rovnakú časovú základňu. Je to obyčajne začiatok prevádzky danej investície.

Aktualizovaná hodnota kapitálových nákladov  $N_{ip}$  prepočítaná na začiatok prevádzky investície sa určí zo vzťahu

$$N_{ip} = \sum_{t=1}^{T_v} N_{it} q^{T_v - t - \Delta T} \quad (2)$$



Obr. 1. Prepočet kapitálových nákladov na začiatok prevádzky projektu

kde  $N_{it}$  sú kapitálové náklady vynaložené v  $t$ -tom roku výstavby investície (€. $\text{rok}^{-1}$ ),

- $T_v$  - čas výstavby investície (rok),
- $\Delta T$  - počet rokov, o ktoré presahuje ukončenie výstavby investície čas jej uvedenia do prevádzky,
- $q$  - faktor času, určený ako  $q=1+k$ ,
- $k$  - diskontná miera,
- $t$  - poradové číslo roka.

Tento prepočet sa robí pomocou diskontnej miery. Rovnako treba zohľadniť aj infláciu:

$$k_r = \frac{k - m}{1 + m} \quad (3)$$

kde  $k_r$  - diskontná miera korigovaná na infláciu,  
 $m$  - miera inflácie.

Na rozdiel od odhadu kapitálových výdavkov, ktoré sú v praxi často podcenené, v prípade budúcich príjmov obyčajne dochádza k ich preceneniu. Ich odhad je ešte problematickejší, pretože pôsobí celý rad faktorov, budúci vplyv ktorých je veľmi ťažké odhadnúť. Ide napr. o vplyv faktora času, vplyv inflácie, meniacich sa podmienok trhu a pod., čo vyúsťuje do zvýšeného rizika, že očakávané príjmy nebudú dosiahnuté. Preto odhadom budúcich peňažných príjmov musí byť venovaná veľká pozornosť. Celkové peňažné príjmy z investície vyjadruje cash flow, čiže skutočný peňažný tok (príjem), ktorý plynie z investície. Pri jeho výpočte sa vychádza z tržieb – sú peňažným výnosom získaným za predanú produkciu. Oproti príjmom stoja výdavky – sú to mzdy zamestnancov, platby za suroviny, materiál, energiu, rôzne služby, atď., čiže všetky nákladové položky okrem odpisov. Odpisy síce patria do nákladov, ale nie sú peňažným výdavkom (tým boli pri nadobúdaní investície). Ako súčasť tržieb sa vrátia do podniku a zostávajú na účtoch podniku ako peňažný príjem, preto sa pripočítavajú k čiastke, ktorá zostáva z tržieb po zaplatení všetkých výdavkov, včítane dane z príjmu.

### III. OPTIMALIZAČNÉ ÚLOHY PRI RIADENÍ ELEKTRIZAČNEJ SÚSTAVY

Elektrizačnú sústavu (ES) tvoria výrobné, prenosové a spotrebné zariadenia elektrickej energie. Predstavuje jednu z najrozsiahljších a najzložitejších technických sústav, medzi jej charakteristické vlastnosti patria hlavne tieto [4, 5]:

1. trvalá rovnováha medzi výrobou a spotrebou elektrickej energie, ktorú nemožno skladovať,
2. veľká rozmanitosť prechodných javov, s časom ustálenia od stotín sekundy až do niekoľkých minút,
3. požadovaná veľká spoľahlivosť výroby a prenosu elektrickej energie, ako aj správnej činnosti spotrebičov,
4. veľká priestorová rozľahlosť,
5. vzájomné ovplyvňovanie rôznych prvkov a častí sústavy,
6. trvalý kvalitatívny rozvoj, ktorý si vynucuje sprísnňovanie požiadaviek na efektívnu činnosť.

Uvedené vlastnosti zaraďujú ES medzi umelo vytvorené, zložené riadené sústavy, pričom riadenie jej prevádzkových stavov i jej rozvoja majú tvoriť jednotný a zladený proces. Takto formulované vysoké požiadavky efektívneho riadenia elektrizačnej sústavy

zabezpečujú *automatizované systémy dispečerského riadenia s hierarchickou štruktúrou*. Riešia najmä tieto úlohy:

1. riadenie ustáleného prevádzkového stavu ES,
2. riadenie prechodných stavov ES,
3. štatisticko – ekonomické zhodnotenie prevádzky ES.

*Optimalizácia ustáleného stavu ES* môže výrazne prispieť k zefektívneniu jej prevádzky. V rámci nej sa riešia hlavne nasledujúce úlohy [1, 9]:

1. výpočet ustáleného stavu ES,
2. optimálne rozdeľovanie činných a reaktančných výkonov pri predpísanom počte zdrojov,
3. optimálny výber agregátov, dodávajúcich požadovaný výkon,
4. určenie optimálnej točivej rezervy,
5. optimalizácia kvalitatívnych ukazovateľov – napätia a frekvencie,
6. výber optimálnej štruktúry (konfigurácie siete) ES,
7. optimalizácia rozvoja ES.

Z uvedených úloh riadenia ustáleného chodu ES sa v ďalšom zameriame na problematiku *regulácie a optimalizácie napätia a reaktančných výkonov*, z hľadiska *minimalizácie nákladov na straty elektrickej energie na vedeniach*, čo výrazne ovplyvňuje ekonomiku prevádzky ES.

Na udržanie napätia v dovolených medziach sa v prenosovej sústave SR používajú *zdroje reaktančného výkonu a transformátory*. V prvom rade sa využívajú točivé rezervy reaktančného výkonu pracujúcich elektrární. Ak tieto zdroje nestačia dochádza na príkaz službukonajúceho dispečera k zapínaniu, alebo vypínaniu kompenzačných tlmiviek. Ako posledné riešenie sa na reguláciu napätia využíva prepínanie odbočiek transformátorov. Všetky tieto manipulácie sú na priamy príkaz dispečera.

V závislosti od ich prevádzkového stavu sú jednotlivé prvky ES - generátory, záťaž a vedenia buď spotrebičom, alebo výrobcom reaktančného výkonu. Na kompenzáciu spotreby reaktančného výkonu sa musí tento výkon prenášať sústavou, pričom okrem zmeny napätia spôsobuje aj straty činného výkonu. Na dosiahnutie ustálenej hodnoty napätia je snaha zabezpečiť výrobu a spotrebu reaktančného výkonu čo najbližšie pri sebe, aby nedochádzalo dlhým prenosom reaktančného výkonu, a tým *minimalizovať straty činného výkonu spôsobené prenosom reaktančného výkonu*. Na reguláciu  $U$  a  $Q$  sa vo svete používa niekoľko metód, v SR bola prijatá *stratégia pilotných uzlov*.

Akcónymi prvkami regulácie napätia sú dodávky reaktančného výkonu do uzlov s vhodným citlivostným koeficientom vzhľadom k pilotnému uzlu. Zdrojom injektovaných výkonov môžu byť, ako to už bolo uvedené synchronne generátory, regulačné transformátory i ďalšie kompenzačné zariadenia. Napätové pomery v prenosovej sústave sú v priamom vzťahu k vyváženosti reaktančného výkonu  $Q$  v jej uzloch, čo možno vyjadriť zápisom [13, 17]:

$$\Delta U_i = a_{ij} \Delta Q_j \quad (4)$$

kde  $\Delta U_i$  je zmena napätia v uzle  $i$ ,  
 $a_{ij}$  - konštanta citlivosti zmeny napätia  $U$  uzla  $i$  na zmenu  $Q$  v uzle  $j$ ,  
 $\Delta Q_j$  - zmena reaktančného výkonu v uzle  $j$ .

Z tohto vyplýva, že na dosiahnutie zmeny napätia v ľubovoľnom uzle sledovanej sústavy treba vykonať zmenu reaktančného výkonu v niektorom uzle tejto sústavy. Aká veľká bude táto zmena napätia, závisí okrem veľkosti zmeny dodávky reaktančného výkonu aj od aktuálnej veľkosti citlivostnej konštanty medzi týmito uzlami. Táto konštanta charakterizuje elektrickú vzdialenosť uzlov a je určená topológiou sústavy v danom okamžiku. Príčinou dôležitým faktorom, ktorý musí byť akceptovaný, je obmedzený počet uzlov v sústave, v ktorých je technicky možné meniť reaktančný výkon. Tým sa počet

uzlov, v ktorých možno priamo ovplyvňovať napätový profil, výrazne redukuje. Udržanie zadaného napätia v pilotných uzloch umožní prevádzkovať sústavu v stave blízkom k optimálnemu.

Úlohou regulácie je nájsť také nastavenie akčných členov pre zmeny reaktančného výkonu, aby napätové odchýlky v pilotných uzloch sledovanej sústavy boli menšie ako je dovolená tolerancia. V nadväznosti na vzťah (4) možno napísať:

$$\Delta U_{i2} = \Delta U_{i1} + \sum_{i=1}^j a_{ij} \cdot \Delta Q_j \quad i = 1, 2, 3, \dots, j \quad (5)$$

kde  $\Delta U_{i2}$  je rozdiel skutočnej a zadanej hodnoty napätia po realizácii regulačného zásahu,  
 $\Delta U_{i1}$  - rozdiel skutočnej a zadanej hodnoty napätia pred realizáciou regulačného zásahu,  
 $j$  - celkový počet akčných členov,  
 $i$  - celkový počet pilotných uzlov.

Takouto reguláciou napätia možno zlepšiť regulačný proces a znižujú sa aj straty činného výkonu.

Na uplatnenie princípov regulácie  $U$  a  $Q$  existuje viac prístupov z hľadiska ich technickej realizácie. V každom prípade je však zrejmy trojstupňový hierarchický systém:

1. *primárna regulácia* na akčných členoch (napr. generátoroch) – na úrovni jedného bloku výroby,
2. *sekundárna regulácia* na úrovni jednotlivých uzlov alebo zón prenosovej sústavy,
3. *terciárna regulácia* ako centrálny a koordinujúci člen celého regulačného systému – na úrovni celej regulovanej sústavy.

Pod terciárnou reguláciou napätia sa rozumie zavedenie systémového hľadiska do riadenia napätia podľa kritéria hospodárnosti. Jej výsledkom je na základe merania v ES zabezpečenie optimálnych parametrov napätovej regulácie (veľkosť napätia, výrobu reaktančného výkonu, napätový prevod transformátorov, nasadenie kompenzačných prostriedkov atď.), najmä s cieľom minimalizácie strát v sústave.

Funkcia strát činného výkonu v ES je reálnou časťou funkcie strát zdanlivého výkonu v ES [7]:

$$\Delta P = \operatorname{Re}(\Delta \dot{S}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n U_i U_j [g_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j) - b_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j)] \quad (6)$$

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n U_i^2 g_{ii} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n 2U_i U_j \cos(\delta_i - \delta_j) g_{ij} \quad (7)$$

kde  $\dot{S}$  je trojfázový zdanlivý výkon v sústave,

$U_i$  - napätie v  $i$ -tom uzle,

$U_j$  - napätia v  $j$ -tom uzle,

$\delta_i$  a  $\delta_j$  - fázy napätí  $U_i$  a  $U_j$ ,

$g_{ij}$  a  $b_{ij}$  - reálna a imaginárna časť prvku uzlovej admitančnej matice.

Na základe uvedeného je možné úlohu minimalizácie činných výkonových strát v ES matematicky formulovať nasledovne:

Minimalizovať funkciu činných výkonových strát  $f(\bar{k}, \bar{x}, \bar{s})$ , pri rešpektovaní obmedzení v tvare rovností  $h(\bar{k}, \bar{x}, \bar{s}) = 0$  (reprezentovaných bilanciou  $P$ ,  $Q$  v jednotlivých uzloch sústavy) a v tvare nerovností  $g(\bar{x}, \bar{s}) \leq 0$  (určených amplitúdami napätí v uzloch, pozíciami odbočiek transformátorov, amplitúdami prúdov

tečúcich vedeniami medzi uzlami a dispozičným  $Q$  na svorkách generátorov zapojených do  $U$  regulácie).

Pretože vektor požadovaných premenných  $\bar{k}$  (tvorený činnými výkonmi v  $PQ$  a v  $PU$  uzloch, reaktančnými výkonmi v  $PQ$  uzloch, pozíciami odbočiek transformátorov a reaktančnými výkonmi generátorov, ktoré sa nezúčastňujú procesu regulácie napätia) obsahuje konštantné hodnoty a funkcia  $f$  je minimalizovaná na množine regulovaných premenných  $\bar{x}$  (amplitúdy napätí v  $PU$  uzloch, pozície odbočiek transformátorov zapojených do regulácie) možno vyššie uvedenú formuláciu zapísať matematicky nasledovne:

$$f_k(\bar{s}(\bar{x}), \bar{x}) = \hat{f}_k(\bar{x}) \rightarrow \min_{\bar{x}}$$

obmedzenia:  $h(\bar{k}, \bar{x}, \bar{s}) = 0,$  (8)

$$g(\bar{x}, \bar{s}) \leq 0,$$

kde funkcia  $f$  je funkciou s parametrom vektora požadovaných premenných  $\bar{k}$ , vektor regulovaných premenných  $\bar{x}$  je vektorom nezávislých premenných a vektor stavových premenných  $\bar{s}$  (amplitúdy a fázy napätí vo všetkých uzloch) je vektorom závislých premenných.

Algoritmus úlohy minimalizácie činných strát formulovanej v tvare (8) bol riešený optimalizačným nástrojom programovacieho jazyka MATLAB. Funkcia bola zadaná spôsobom, ktorý viedol k určeniu minima účelovej funkcie sekvenčným kvadratickým programovaním [7].

Celkové výkonové straty sa v uvažovanej sústave znížili z pôvodných 10,9225 MW pred optimalizáciou na hodnotu 10,3017 MW po optimalizácii, čiže o 5,68 %.

#### IV. OCEŇOVANIE STRÁT ELEKTRINY

Hoci špecifiká zásobovania elektrinou sú všeobecne dobre známe, v optimalizačných či racionalizačných výpočtoch v elektroenergetike sa na ne často zabúda pri vyjadrovaní nákladov na elektrinu. Nemožno považovať za správne hodnotenie nákladov na elektrinu vychádzajúce z priemerných nákladov na jej dodávku. Tento spôsob nezohľadňuje jednu zo zvláštností ES, súčasnosť výroby a spotreby, teda skutočnosť, že veľkosť a priebeh spotreby elektriny ovplyvňuje rozhodujúcim spôsobom veľkosť a priebeh jej výroby, a tým aj náklady na jej výrobu.

Celkové výrobné náklady v prípade každej výroby možno rozdeliť na dve zložky [14]:

1. *stále náklady* - nezávisia od zmien objemu výroby (napr. odpisy, úroky a réžia),
2. *pohyblivé náklady* - menia sa úmerne so zmenou objemu výroby (napr. náklady na suroviny, technologickú vodu, materiál, odmeny).

V prípade výroby skladovateľných výrobkov môže výrobca regulovať priemerné výrobné náklady jednotky produkcie ovplyvnením podielu ich stálej a pohyblivej časti zmenou využitia hmotného investičného majetku (HIM), napr. zvýšením jeho využitia sa priemerné výrobné náklady jednotky produkcie znížia. Na rozdiel od týchto druhov výroby v prípade dodávateľov neskladovateľných foriem energie, teda zvlášť v prípade elektriny, využitie HIM určuje odberateľ a nie výrobca. Tým sa mení podiel stálej a pohyblivej zložky nákladov na dodávku energie. Preto pri hodnotení nákladov na neskladovateľné formy energie treba vždy rešpektovať dve zložky nákladov odlišného charakteru, a to:

1. *stálu zložku* – ktorá zahŕňa náklady na udržanie pohotovosti energetickej sústavy na dodávku energie, teda náklady nezávislé od množstva dodanej energie (*náklady na výkon*),
2. *pohyblivú zložku* – ktorá zahŕňa náklady závislé od spotreby určitej formy energie (*náklady na prácu*).

Výrobné náklady určitej formy energie potom možno vyjadriť vzťahom

$$N_{vr} = N_{st} + N_{po} = P_m n_{st} + A n_{po} = P_m (n_{st} + T_m n_{po}) \quad (\text{€} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (9)$$

kde  $N_{vr}$  sú ročné výrobné náklady dodávky elektriny,

$N_{st}$  - stála zložka ročných výrobných nákladov ( $\text{€} \cdot \text{rok}^{-1}$ ),

$N_{po}$  - pohyblivá zložka ročných výrobných nákladov ( $\text{€} \cdot \text{rok}^{-1}$ ),

$P_m$  - maximálny ročný výkon (zaťaženie) (MW),

$A$  - množstvo vyrobenej energie (MWh.rok<sup>-1</sup>),

$n_{st}$  - stála zložka pomerných nákladov ( $\text{€} \cdot \text{MW}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ),

$n_{po}$  - pohyblivá zložka pomerných nákladov ( $\text{€} \cdot \text{MWh}^{-1}$ ),

$T_m$  - využitie maximálneho výkonu (h.rok<sup>-1</sup>).

Pri oceňovaní strát elektriny v zmysle (9) tiež treba počítať tak so stratami výkonu  $\Delta P_m$  ako aj so stratami elektrickej práce  $\Delta A_m$ . Na vyjadrenie množstva stratenej práce sa počíta s pomernými nákladmi na 1 kWh dodanej elektrickej práce  $n_{w0}$  na práhu elektrárne, nárok na výkon v elektrárni sa vyjadriť pomernými nákladmi na 1 kW výkonu novovybudovanej elektrárne  $n_{p0}$ . Celkové ročné náklady na straty vo vedení  $N_{\Delta}$  ( $\text{€} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) potom možno zapísať ako

$$N_{\Delta} = N_{\Delta P} + N_{\Delta A} = \Delta P_m n_{p0} + \Delta A_m n_{w0} = \Delta P_m (n_{p0} + n_{w0} T_{\Delta}) \quad (\text{€} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (10)$$

kde  $N_{\Delta P}$  sú celkové ročné náklady na straty elektrického výkonu ( $\text{€} \cdot \text{rok}^{-1}$ ),

$N_{\Delta A}$  - celkové ročné náklady na straty elektrickej energie ( $\text{€} \cdot \text{rok}^{-1}$ ).

Aj keď náklady na straty určujúce náklady na prenos elektriny tvoria iba malé percento celkových prevádzkových nákladov na jej dodávku, na konkurenčných trhoch s elektrinou je potrebné zohľadniť aj ich vplyv. V decentralizovanom energetickom systéme energetickej spoločnosti súperia v poskytovaní služieb a zásobovaní veľkých odberateľov a rozvodných spoločností pri využívaní spoločnej prenosovej sústavy.

Náklady na prenos preto by mali byť stanovené tak, aby boli primeraným a opodstatneným ekonomickým ukazovateľom pri rozhodovaní o rozmiestnení a inštalovaní zdrojov a rozširovaní sústavy.

Správny postup stanovenia nákladov na prenos, čiže aj ceny prenosu, ktorý zohľadňuje jeho obmedzenia alebo preťaženia, môže motivovať investorov pre vybudovanie nových prenosových a výrobných kapacít pre zlepšenie efektívnosti. V konkurenčnom prostredí sa vhodným stanovením cien môžu zabezpečiť očakávané tržby, podporiť efektívne fungovanie trhov s elektrinou, podporiť investície v optimálnom rozmiestnení výrobných jednotiek a prenosových vedení a adekvátne uspokojiť majiteľov prenosových ciest. Postup stanovenia cien by mal byť spravodlivý a praktický.

Počas posledných rokov boli navrhované a implementované na rôznych trhoch rôzne metódy stanovenia cien za prenos. Používané metódy možno rozdeliť do troch skupín [15, 16]:

1. metódy vychádzajúce z vynaložených investičných nákladov prenosu, resp. prepravy,
2. metódy vychádzajúce z marginálnych nákladov prenosu,
3. metódy vychádzajúce z kombinácie vynaložených investičných nákladov a marginálnych nákladov.

*Metódy vychádzajúce z vynaložených nákladov* sa spravidla používajú na určenie úhrady nákladov na existujúcu prenosovú a distribučnú sústavu alebo na niektorú jej časť. Pre trhovú súťaž sú vhodné hlavne koncepcie „point-to-point service“, čiže *metóda prenosovej cesty*, kde je smerodajná prenosová cesta (zvlášť v prípade prenosu veľkých výkonov), ktorá sa používa v USA, aj „network-

service“, čiže *metóda poštovej známky*, kde je smerodajné miesto pripojenia k sieti (pre konečných zákazníkov s menším výkonom). Realizovateľná je aj ich kombinácia.

V Európe sa prevažne používa *metóda poštovej známky*, ktorá obsahuje čiastočne nepriamo vplyv vzdialenosti prostredníctvom miestne diferencovaných cien. Všetci užívatelia siete sa podieľajú na nákladoch využitej a nadradenej napäťovej úrovne a na systémových službách.

Efektívny trh s elektrinou vyžaduje alokáciu nákladov účastníkom, ktorí ich spôsobujú. Pri alokácii nákladov vznikajú ekonomické signály, ktoré sú dôležité z hľadiska posudzovania hospodárnosti prevádzky alebo rozvoja prenosovej a distribučnej sústavy. Ekonomická efektívnosť vyžaduje, aby cena produktu alebo služby odrážala celkové náklady pre výrobu a dodávku na miesto spotreby ďalšej jednotky produktu, v tomto prípade silovej elektriny. Tejto požiadavke vyhovuje *prírastkové oceňovanie (marginal pricing, incremental pricing)*. *Marginálne (prírastkové) náklady* vyjadrujú prírastok celkových nákladov spôsobený prírastkom vo výrobe, preto umožňujú spoľahlivo analyzovať ekonomické dôsledky, ktoré v sústave vyvolá každá jednotlivá transakcia.

Z predchádzajúcich vyplýva, že v štruktúre nákladov za prenos existujú položky, na ktoré je braný patričný zreteľ v metódach vychádzajúcich z vynaložených investičných nákladov za prenos, zatiaľ čo iné sú adekvátne uvažované v metódach na báze marginálnych nákladov. Preto sa niekedy používa kombinácia jednej metódy z prvej skupiny a jednej metódy z druhej skupiny.

Po vhodnom ocenení strát elektriny možno vypočítať tzv. *aktualizovaný zisk z optimalizácie*, ktorý možno definovať analogicky ako NPV (*net present value – čistá súčasná hodnota*) projektu v priemernej ročnej podobe [17]

$$ZOP = \Delta_{\Delta P}(n_P + n_W T_{\Delta}) - (N_{prRS} + k_f N_{ip,RS}) \quad (11)$$

kde *ZOP* je priemerný ročný aktualizovaný zisk z optimalizácie,

$\Delta_{\Delta P}$  - zníženie činných strát výkonu dosiahnuté

optimalizáciou v priemernom roku,

$n_P$  - pomerné ročné náklady na elektrický výkon,

$n_W$  - pomerné ročné náklady na elektrickú prácu,

$T_{\Delta}$  - čas plných strát,

$N_{prRS}$  - prevádzkové náklady riadiaceho systému,

$N_{ip,RS}$  - aktualizované investičné náklady riadiaceho systému,

$k_f$  - koeficient efektívnosti, zodpovedajúci priemernej ročnej anuite.

Po vyčíslení tohto ukazovateľa je evidentné, že minimalizáciou činných strát podľa [7] sa podarí znížiť prevádzkové náklady hodnotenej časti elektrizačnej sústavy za rok o 349 313,76 €.

## V. ZÁVER

Príspevok je venovaný aktuálnemu daniu v oblasti elektroenergetiky v súvislosti s liberalizáciou trhu s elektrinou a z nej vyplývajúcich technicko-ekonomických problémov, ktoré ovplyvňujú hospodárnosť prevádzky a rozvoja elektrizačnej sústavy. Je poukázané na všeobecné zásady a odporúčaný postup hodnotenia ekonomickej efektívnosti projektov, ako aj na možné ťažkosti pri ich praktickej aplikácii. Z veľkého množstva optimalizačných úloh, ktoré je nutné riešiť v elektroenergetike bola vybraná úloha terciárnej regulácie napätí a reaktančných výkonov, ktorá optimálnym nastavením napätí v pilotných uzloch zabezpečí minimalizáciu strát činného výkonu v príslušnej sústave. Sú vysvetlené postupy pri riešení optimalizačnej úlohy, metodika oceňovania elektriny a kritérium na hodnotenie ekonomického prínosu technickej optimalizácie. Taktiež

sú uvedené konkrétne výsledky dosiahnuté riešením predmetnej úlohy na pracovisku autora článku.

## POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol na základe podpory projektov APVV-0385-07: Komplexná analýza a optimalizácia strát v elektrizačnej sústave, Agentúry na podporu výskumu a vývoja a VEGA č. 1/4072/07: Výskum strát v elektrizačnej sústave, Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied.

## LITERATÚRA

- [1] A. Dolgic et al., "Optimizacija režimov kogeneracionnych elektrostancij po maximumu pribyli," in: *Elektroenergetika*. roč. 1, č. 2 (2008), s. 33-39. ISSN 1337-6756
- [2] K. Famulska, M. Pindych, M. Kadlubek, "Zaopatrzenie przedsiębiorstwa Emerson. In: *Determinanty zarządzania przedsiębiorstwami wobec zmian otoczenia rynkowego*. Czesochowa: Wydawnictwo Politechniki Czesochowskiej, 2008. P. 11-18. ISSN 1506-0829.
- [3] J. Knápek, J. Vašíček "Ekonomické aspekty využívání OZE," *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR*, Praha: ČEZ, 2007, s. 151-172. ISBN 978-80-239-8823-9
- [4] M. Kolcun, V. Griger, E. Beňa, J. Rusnák, "Prevádzka elektrizačnej sústavy," Košice: TU, 2007. 299 s. ISBN 978-80-8073-837-2
- [5] M. Kolcun, V. Griger, J. Mühlbacher, "Electric power system operation control," Košice: Mercury-Smékal, 2004. 298 s. ISBN 80-89061-86-9
- [6] M. Kolcun, E. Jahnáček, Š. Lovas, "The energy security strategy of the Slovak Republic," in: *Elektroenergetika*. roč. 1, č. 2 (2008), s. 4-8. ISSN 1337-6756
- [7] M. Kolcun, A. Mészáros, J. Rusnák, "Optimálna regulácia napätia v prenosovej sústave Slovenskej republiky," Košice: KEE FEI TU, 2009. 121 s.
- [8] M. Kubín, "Energetika, Perspektívy-Stratégie-Inovace," Brno: JME, 2003. 544 s.
- [9] A. Machnitko, "Ocenka veličiny i ceny rezerva možnosti dľa proizvoditelej elektroenerгии," in: *Elektroenergetika*. roč. 1, č. 2 (2008), s. 40-44. ISSN 1337-6756
- [10] M. Mešter, "Zber technických a polohopisných informácií pre potreby prevádzky distribučnej siete," in: *Časopis EE*. roč. 14, č. 5/5 (2008), s. 113-116. ISSN 1335-2547
- [11] M. Mešter, "Experiences with data collection for the needs of the distribution company," in: *Przegląd Elektrotechniczny*. No. 4 (2009), p. 201-204. ISSN 0033-2097
- [12] A. Mészáros, M. Kolcun, "Prehľad metód hodnotenia ekonomickej efektívnosti investícií," in: *Časopis EE*. roč. 6, 2000, č. 4, s. 12 – 15, ISSN 1335-2547
- [13] A. Mészáros, M. Kolcun, "Hodnotenie ekonomickej efektívnosti terciárnej regulácie napätia a jalového výkonu v prenosovej sústave," in: *Časopis EE*. roč. 6, 2000, č. 5, s. 14 – 16, ISSN 1335-2547
- [14] A. Mészáros, "Hodnotenie nákladov na elektrickú energiu vo výpočtoch ekonomickej efektívnosti," in: *Časopis EE*. roč. 9 (2003), č. 4, s. 14-17 ISSN 1335-2547
- [15] A. Mészáros, "Transmission cost allocation methods," in: *Elektroenergetika 2007*. September 19-21, 2007 Stará Lesná, Proceedings. s. 731-734. ISBN 978-80-8073-844-0.
- [16] A. Mészáros, "Pricing the power losses in electric power system," in: *Environmental Impacts of Power Industry 2008*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2008. p. 93-98. ISBN 978-80-7043-681-3.
- [17] A. Mészáros, "Príspevok k modelovaniu terciárnej regulácie napätia v ES a hodnotenie jej ekonomickej efektívnosti," Košice: KEE FEI TU, 2002, 160 s.
- [18] P. Šimunek, A. Mészáros, "Moderné trendy ekonomiky elektroenergetiky," Košice: Mercury – Smékal, 2003. 98 s. ISBN 80-89061-74-5

## ADRESY AUTOROV

Ing. Alexander Mészáros, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Másiarska 74, Košice, SK 04120, Slovenská republika, Alexander.Meszaros@tuke.sk