

Alexander Mészáros, Marek Pavlík, Roman Tóth

## Aplikácia technických indikátorov v prostredí trhu s elektrinou

Trh s elektrinou sa za posledné roky značne zmenil. Kým donedávna existovali na slovenskom trhu tri spoločnosti dodávajúce elektrickú energiu, v dnešnej dobe je ich už desiatky až stovka. Trh s elektrinou sa otvoril, čím sa zvýšila konkurencieschopnosť. Dodávatelia elektrickej energie sa orientujú hlavne na cenu elektrickej energie a jej vývoj na burze. Tento článok pojednáva o aplikácii mechanizmu predikcie ceny elektriny, ktorý je tvorený technickými indikátormi. Technické indikátory sú vypočítané na základe historických cien elektriny. V závere tohto príspevku sú publikované grafy profitov jednotlivých mechanizmov.

Kľúčové slová: spotová cena; burza; RSI; MACD

Electricity market in recent years changed considerably. Until recently, there were three electricity supplier, nowadays there are already dozens to hundreds of electricity supplier on the Slovak market. Electricity market was opened, thus increasing competitiveness. Electricity suppliers are focused mainly on the cost of electricity and the trend on exchange. This paper deals with the mechanism of prediction of electricity prices, which consists of technical indicators. Technical indicators are calculated based on historical electricity prices. At the end of this paper are shown charts of profits of mechanisms. **(Application of technical indicators in an electricity market)**

Keywords: spot price; exchange; RSI; MACD

### I. ÚVOD

Elektrina je základom národného hospodárstva každého štátu a to vďaka jej nenahraditeľnosti v koncovom použití (informačné a telekomunikačné zariadenia aj rôzne využitie v priemysle). Jej spotreba stále rastie. Elektroenergetický systém predstavuje technologický proces zahrňujúci výrobné zdroje elektrickej energie, prenosovú a distribučnú sústavu a zariadenia pre konečnú spotrebu elektrickej energie. Jeho cieľom je dodávka požadovaného množstva elektrickej energie smerom k odberateľom v danej dobe v dohodnutom množstve a kvalite, s minimálnym vplyvom na životné prostredie. Optimalizácia investičných a prevádzkových nákladov je podmienkou úspešnosti v obchodnom prostredí konkurenčných spoločností [1].

### II. LIBERALIZÁCIA A ÚČASTNÍCI TRHU S ELEKTRINOU

V celej Európe pred začiatkom liberalizácie na začiatku 90-tých rokov boli dodávky sprostredkované v danej geografickej oblasti jedinou spoločnosťou, ktorá zahŕňala všetky oblasti elektroenergetiky: výrobu, prenos a distribúciu elektrickej energie. Právny a finančný dohľad bol vykonávaný štátom, ktorý riadil mieru výnosnosti vynaložených investícií a zabezpečoval investovanie finančných prostriedkov do zariadení pre trvalú a spoľahlivú dodávku elektrickej energie, nielen v danom období, ale aj vo výhľade do budúcnosti. Pre zákazníka to síce znamená väčšiu mieru istoty v zabezpečení dodávky elektrickej energie, ale zároveň nesie v cene elektrickej energie investície tejto spoločnosti, či už boli nutné alebo nie.

Snahy a požiadavky veľkých odberateľov, ktorí v záujme využitia výhod plynúcich z rozdielov cien usilovali o možnosť prístupu tiež k iným energetickým podnikom, nie len k svojmu vtedajšiemu dodávateľovi, viedli v priemyselne vyspelých krajinách ku zmene prístupu od vertikálne integrovaného modelu elektroenergetiky, smerom k otvoreniu konkurencii [1][2].

V energetickom priemysle na celom svete vplyvom liberalizácie vznikli nové pravidlá ako sú: súťaž, reštrukturalizácia, privatizácia a regulácia. Cieľom týchto reforiem bolo podporiť hospodársku súťaž za účelom zníženia nákladov, zvýšiť úroveň rozhodovania zákazníkov a konsolidovať verejné financie. Politické nástroje na dosiahnutie týchto cieľov boli: zavedenie hospodárskej súťaže (podporované nariadenie) a podpora účasti súkromného subjektu.

Liberalizáciou na trhu sa vytvorilo konkurenčné prostredie aj pri existencii prirodzených monopolov a umožnilo na jednej strane odberateľom elektriny voľbu dodávateľa a na druhej strane ponúklo existenciu rovnocennej súťaže medzi jednotlivými dodávateľmi a tiež postupne vytvorilo prirodzený tlak na zvyšovanie ekonomickej efektívnosti. Trh s elektrinou v SR sa podriaďuje smerovaniu trhu s elektrinou v EÚ. Je tvorený procesmi dodávky elektriny odberateľom na vymedzenom území, prenosom a distribúciou elektriny od jednotlivých dodávateľov. Procesy vyžadujú pripojenie a prístup účastníkov trhu do prenosovej, resp. distribučných sústav [2][3].

Zákon o energetike 352/2013 Z. z. definuje účastníkov trhu s elektrinou takto:

- výrobca elektriny,
- prevádzkovateľ prenosovej sústavy,
- prevádzkovateľ distribučnej sústavy,
- dodávateľ elektriny,
- odberateľ elektriny,
- organizátor krátkodobého trhu s elektrinou.

### III. SPOTOVÁ CENA ELEKTRINY

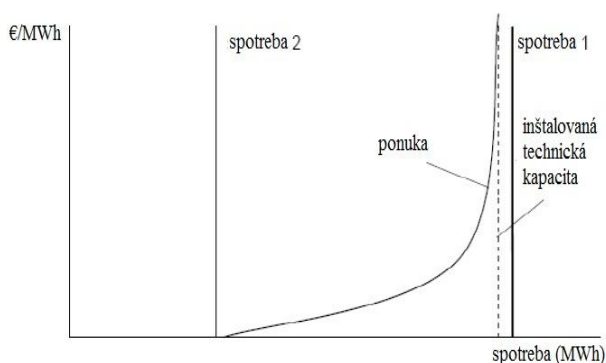
Otázka cenotvorby bola a je stále riešená. Základom špecifických problémov cenotvorby elektriny je jej neskladovateľnosť. To znamená zabezpečenie rovnováhy medzi ponukou a dopytom, v reálnom čase, vo všetkých uzloch elektrizačnej sústavy. Zabezpečenie rovnováhy v reálnom čase vyžaduje aj stálu pohotovosť prenosových ciest (prenosovej sústavy a distribučnej sústavy). Zdroje (dodávatelia) aj spotrebitelia sú ovplyvňovaní činnosťami ostatných zdrojov

a spotrebiteľov, ako aj stavom a prevádzkou prenosových ciest. Pre potreby obchodu s elektrinou, špeciálne pre cenotvorbu bol zavedený pojem spotová cena elektriny (spot price). Základné úvahy pri formulovaní pojmu spotová cena najmä sú [1]:

1. závislosť ceny elektriny v čase
2. závislosť ceny elektriny na umiestnení dodávky či dopytu (spotreby) v rámci elektrizačnej siete
3. stochastičnosť ponuky a dopytu z hľadiska času aj miesta
4. vplyv konkrétnej konfigurácie elektrizačnej sústavy na cenu elektriny

Za spotovú cenu je považovaná cena, ktorá sa vytvorí na trhu v čase  $d - 1$ , prípadne cena, ktorá sa vytvorí v najbližší predchádzajúci pracovný deň pred dňom realizácie dodávky. Je to preto, že v nepracovné dni sa neobchoduje, a preto spotová cena napríklad na nedeľu a pondelok sa uzatvára už v piatok. Túto cenu možno zároveň považovať za cenu, ktorá je najbližšie k základnej cene. Všeobecne možno totiž povedať, že čím viac sa obchod blíži okamihu spotreby, tým lepšiu majú subjekty obchodu predstavu o skutočných nákladoch výrobcu a predovšetkým presnejšie predikujú spotrebu zákazníkov pre tento okamih [1].

Na Obr.1 je možné sledovať ponukovú krivku výrobcov pre jednu obchodnú hodinu. Základný princíp, ktorý Obr.1 popisuje je ale platný aj pre jednotlivé produkty a pre dlhšie obdobie [4].



Obr. 1. Tvorba spotovej ceny elektriny

#### IV. ANALÝZA CENOVÉHO VÝVOJA

##### A. Pražská burza Power Exchange Central Europe

Miestom, kde sa stretávajú všetci účastníci trhu s elektrinou je burza. Slovenský a český trh s elektrinou sa prevažne orientuje na Pražskú burzu PXE (Power Exchange Central Europe). Od ceny na tejto burze sa odvíja správanie všetkých účastníkov trhu s elektrinou. Energetická burza PXE bola vytvorená na základe [5]. Na tejto burze sa používa spôsob obchodovania založený na základe elektronického spracovania objednávok a inštrukcií, a obchody sa uzatvárajú na základe obchodného systému. Výpočet ceny a stanovenie kurzu prebieha na základe algoritmu definovanom v obchodnom systéme.

Pri obchodovaní s elektrinou sa upriamuje pozornosť hlavne na burzu, prostredníctvom ktorej sa obchoduje a na cenu elektriny. Slovenský, český a maďarský trh sa obchoduje na pražskej burze PXE. Na Energetickej burze Praha sa obchoduje s elektrickou energiou a to výhradne s futures s fyzickým vysporiadaním. Menou, v ktorej sa dané kontrakty dohadujú je euro. Predmetom obchodov na PXE je elektrická energia o hodinovom výkone 1 MW vo všetkých hodinách, všetkých dňoch dohodnutého dodávkového obdobia. Miestom dodania sú elektrizačné sústavy Českej republiky (CZ), Slovenska

(SK) a Maďarska (HU), kde doprava elektriny nie je v cene kontraktu zahrnutá. Kontrakty sa delia podľa dĺžky dodania na mesačné, štvrtročné a ročné. Na základe tohto členenia obchoduje PXE so šiestimi typmi produktov, a to mesačnými, štvrtročnými a ročnými BASE LOAD a PEAK LOAD [7][8][9].

##### B. Spotová cena elektriny

Špecifickým pojmom, zavedeným nástupom liberalizácie, je pojem spotová cena (spot price) elektriny. Pojmom spotová cena elektriny sa rozumie cena v danom odbernom mieste pre každý časový okamžik. Je to teda okamžitá cena na burze, ktorá ovplyvňuje správanie zákazníka [1][5][6].

Spotovú cenu je možné všeobecne definovať podľa [1] ako:

$$P = \frac{N_C}{S_C} \quad (1)$$

pričom  $P$  je spotová cena,  $N_C$  sú celkové náklady na výrobu a  $S_C$  je množstvo dodanej elektriny za predpokladu, že platí:

$$\sum_{j=1}^J P_j(t) = \sum_{j=1}^J D_j(t) + L(t) \quad (2)$$

pričom  $P_j(t)$  je výkon  $j$ -tého zdroja v uzle elektrizačnej sústavy v čase  $t$ ,  $D_j(t)$  je spotreba  $j$ -tého zákazníka v uzle elektrizačnej sústavy v čase  $t$  a  $L(t)$  sú straty v elektrizačnej sústave. Táto rovnosť vyplýva z faktu, že elektrina je neskladateľná. Na rozdiel od iných komodít (pšenica, kukurica a iné) má v tomto elektrina svoje špecifiká, ktoré ovplyvňujú spôsob obchodovania tejto komodity na svetových burzách a teda aj na PXE [1].

##### C. Kategórie obchodníkov

Vo všeobecnosti je možné obchodníkov s komoditami rozdeliť na dve kategórie obchodníkov. Prvou kategóriou sú fundamentálni obchodníci. Títo obchodníci špekulujú na zmenu ceny elektriny na základe fundamentov. Fundamentom sú hlavné správy, ktoré ovplyvňujú trh. Títo obchodníci sledujú tieto fundamenty a na základe nich vedú predikovať, kde by sa cena elektriny mohla pohnúť. Táto predikcia ale vyžaduje vysokú informovanosť z „prvej“ ruky. Druhú kategóriu tvoria technickí obchodníci, ktorí špekulujú na pohyb ceny na základe technickej analýzy trhu, ktorá sa opiera o štatisticky podložené situácie na trhu. Tieto situácie a ich početnosť vychádza z dlhodobejšieho sledovania a na základe určitých presne daných podmienok predikujú cenu elektriny. Títo obchodníci využívajú rôzne indikátory, ktoré väčšinou pracujú vo vymedzených oblastiach a na základe správania sa týchto indikátorov dokážu s určitou percentuálnou úspešnosťou predikovať vývoj ceny. Technické indikátory taktiež pre svoju funkciu využívajú matematiku a vzorec pre výpočet indikátora je prevažne zložený práve z ceny danej komodity. Do týchto vzorcov sa vkladá cena minulé a na základe nej sa vypočíta hodnota indikátora. Každý indikátor má svoje formácie, ktoré podávajú informáciu o možnom pohybe ceny komodity [10][12].

##### D. Technické indikátory obchodovania

Ako už bolo skôr spomenuté, technickí obchodníci sa zameriavajú na používanie technických indikátorov. Aplikácia technických indikátorov v prostredí trhu s elektrinou je založená na použití indikátorov Moving Average Convergence – Divergence (MACD) a Relative Strength Index (RSI).

Indikátor MACD sa používa na identifikáciu trendu. Pre svoj výpočet používa dva exponenciálne kľzavé priemery (Exponent Moving average v skratke EMA). Najprv je dôležité popísať jednoduchý kľzavý priemer. Jednoduchý kľzavý priemer je tiež známy

ako aritmetický priemer a je najjednoduchším a najpoužívanejším typom kľzavého priemeru. Dostaneme ho sčítaním všetkých cien za dané obdobie a následným vydelením počtom dní podľa (3):

$$SMA_x = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_x}{X} \quad (3)$$

pričom  $N_1$  je cena za prvý deň,  $N_2$  je cena za druhý deň,  $N_x$  je cena za posledný deň,  $X$  je počet dní. Hodnota  $SMA$  sa mení v závislosti na počte dní, ktoré sa berú do úvahy. Exponenciálny kľzavý priemer (EMA) rieši problémy, ktoré sú spojené s jednoduchým kľzavým priemerom. Jednak priraduje novším dátam vyššie váhy v rámci priemeru a tiež vo svojom výpočte obsahuje všetky historické dáta od vzniku daného nástroja. Tento typ priemeru dostal svoj názov podľa toho, že váhy jednotlivých cien smerom do minulosti sa exponenciálne znižujú. EMA je možné vypočítať ako:

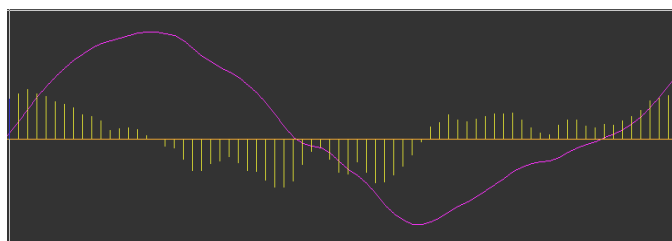
$$EMA_t = EMA_{t-1} + (k(P_t - EMA_{t-1})) \quad (4)$$

Pričom  $t$  je dnešná cena,  $t-1$  je včerajšia cena a  $k$  je možné vypočítať ako:

$$k = \frac{2}{n+1} \quad (5)$$

pričom  $n$  je časové obdobie (perióda).

MACD je zložené z viacerých exponenciálnych kľzavých priemerov, konkrétne z dvoch alebo troch. Ich zvyčajné nastavenie je 9, 12 a 26 periód. Uvedené periódy sú len orientačné a každý obchodník si ich môže nastaviť podľa vlastných potrieb. Jedným z najjednoduchších využití MACD je sledovanie prerazenia MACD histogramu a trigger line. MACD sa počíta z dlhšej periódy napr. MA 26 a trigger line sa počíta z kratšej periódy, ktorou je napr. EMA 12. Na Obr. 2 sú zachytené MACD hodnoty vo forme histogramu (žltá farba) so svojou trigger line (fialová farba). Ak histogram narastá, znamená to silnejúce momentum a rastúci rozdiel medzi MACD a trigger line. Ak histogram začne klesať, znamená to, že MACD momentum slabne a je možné vopred predpovedať kríženie MACD – trigger line a predstihnúť trh s okamihom nákupu/predaja. Pri využití tejto metódy prekriženia MACD – trigger line, kde prekrižením pod nulovou osou sa získava signál na nákup a prekrižením nad nulovou osou sa získava signál na predaj.

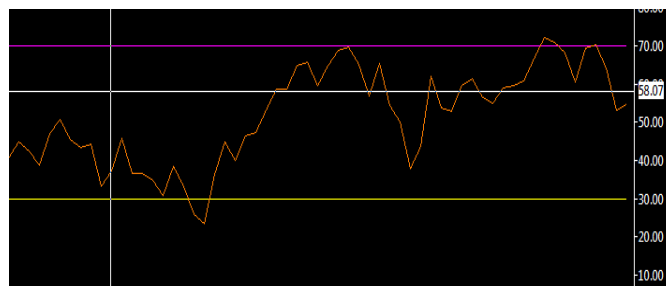


Obr. 2. MACD indikátor v obchodnej platforme

Indikátor RSI (Relative Strength Index) patrí medzi základné indikátory technickej analýzy a označuje sa ako indikátor sily trhu. Priebeh indikátora RSI sa zobrazuje v rozpätí 0 až 100. Základná vlastnosť indikátora RSI je, že poukazuje na oblasti prekúpenia a prepredania. Hodnota tohto indikátora sa počíta na základe (6):

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (6)$$

kde  $RS$  je priemerný zisk alebo priemerná strata. Tiež je možné  $RS$  definovať ako priemer vzrastu ceny za  $n$  dní/priemer poklesu ceny za  $n$  dní. Vzrastom a poklesom ceny sa rozumie rozdiel dnešnej ceny oproti včerajšej cene. Ak dnešná cena je vyššia ako včerajšia, ich rozdiel sa ráta do priemeru v čitateli  $RS$ . Ak cena je nižšia ako včerajšia, ich rozdiel sa ráta do priemeru v menovateli. Priemer strát je tiež vždy vyjadrený ako pozitívna hodnota. Zvyčajne sa používa nastavenie indikátora s periódou 9, 14 alebo 25 dní [10][11][12].



Obr. 3. RSI indikátor v obchodnej platforme

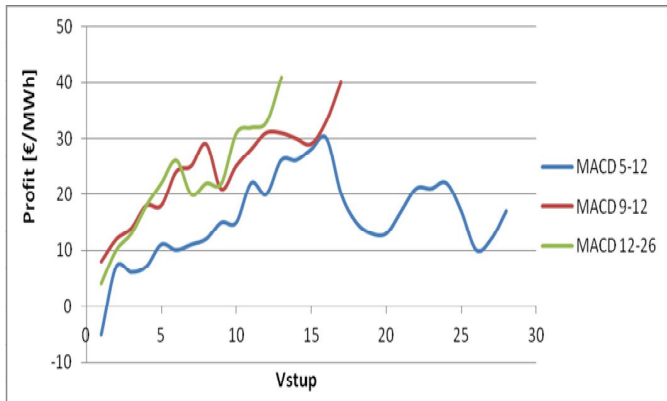
Indikátor RSI (oranžová čiara) je ohraničený hranicou 70 (fialová čiara) a hranicou 30 (žltá čiara). Ak sa indikátor RSI dostane nad hranicu 70, trh je prekúpený. Ak sa dostane do oblasti pod hranicu 30, trh je prepredaný. Ak sa dostane indikátor do oblasti prekúpenia, signalizuje, že trh je prekúpený a očakáva sa jeho pokles. Oblasti prekúpenia a prepredania ešte nepoukazujú na signál k nákupu alebo k predaju. Signál pre predaj nastáva v momente, ak sa indikátor RSI znova vráti pod hranicu 70. V prípade nákupu platí analógia. Ak sa indikátor dostane pod hranicu 30 (do oblasti prepredania), signál pre nákup nastáva v momente, ak indikátor naspäť prekriží hranicu 30 smerom hore.

## V. VÝSLEDKY ANALÝZY

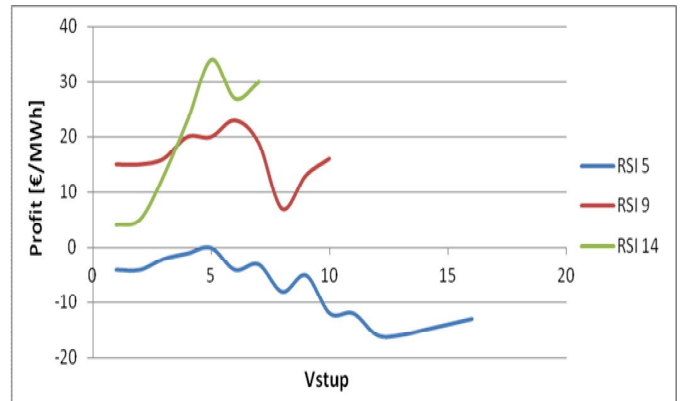
V tejto práci boli použité matematické metódy pri obchodovaní na burze PXE. Využívajú sa pritom ceny elektriny s fyzickým dodaním pre český, slovenský a maďarský trh, kde dĺžka dodania je jeden mesiac. Používali sa historické dáta ceny elektriny od 4.1.2010 do 21.3.2014 pre slovenský a maďarský trh. Pre český trh boli spotové ceny elektriny len do 29.11.2012, nakoľko sa prestalo obchodovať s týmto produktom na burze PXE. To spôsobilo nižší počet signálov oproti slovenskému a maďarskému trhu.

Na Obr.4 je možné vidieť krivky profitov pre metódu MACD pri rôznych nastavených periódach výpočtu indikátora MACD pre slovenský trh, český trh (Obr.5) a maďarský trh (Obr.6). Krivky profitu zobrazujú výsledný profit po každom signáli pre nákup alebo predaj. Jedným vstupom sa rozumie vstup do pozície a zároveň výstup z pozície. Výsledný profit je rozdiel ceny vstupu a výstupu. Ak bol obchod ziskový a mechanizmus predikoval smer správne, krivka profitov rastie.

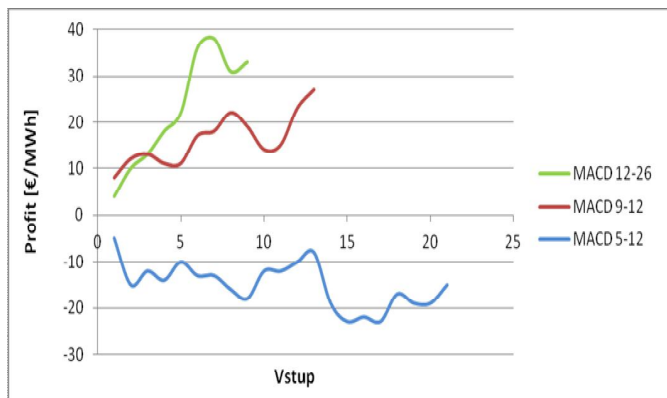
Na Obr.7 je možné vidieť krivky profitov pre metódu RSI pri rôznych nastavených periódach výpočtu indikátora RSI a pre slovenský trh, český trh (Obr.8) a maďarský trh (Obr.9).



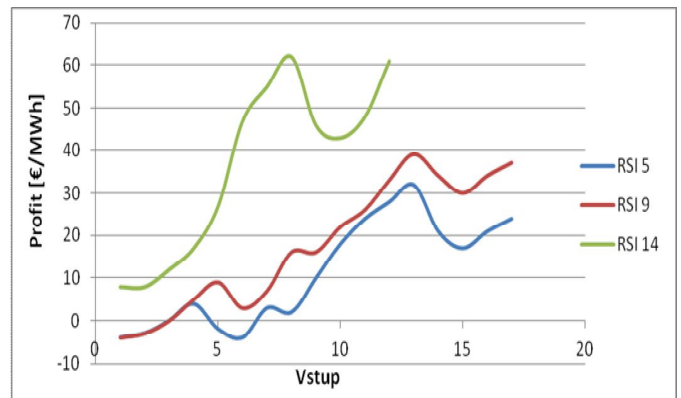
Obr. 4. Krivky profitu použitím metódy MACD pri rôznych periódach výpočtu (slovenský trh)



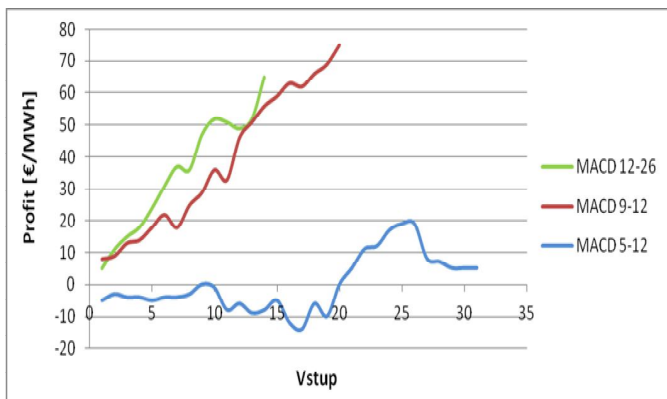
Obr. 8. Krivky profitu použitím metódy RSI pri periódach 5, 9, a 14 dní (český trh)



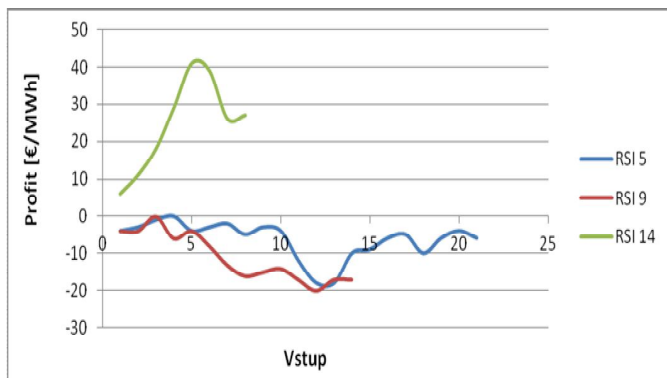
Obr. 5. Krivky profitu použitím metódy MACD pri rôznych periódach výpočtu (český trh)



Obr. 9. Krivky profitu použitím metódy RSI pri periódach 5, 9, a 14 dní (maďarský trh)



Obr. 6. Krivky profitu použitím metódy MACD pri rôznych periódach výpočtu (maďarský trh)



Obr. 7. Krivky profitu použitím metódy RSI pri periódach 5, 9, a 14 dní (slovenský trh)

Z výsledkov je možné vidieť, že mechanizmus MACD je najviac ziskový s nastavením periódy 12-26. Na všetkých troch trhoch bol tento mechanizmus za sledované obdobie ziskový. Rovnako aj nastavenie periód MACD indikátora na hodnoty 9-12 bol ziskový na všetkých troch trhoch. Najmenej ziskový, resp. v prípade českého trhu stratový bol mechanizmus MACD s periódami 5-12.

V prípade mechanizmu RSI sú výsledky rôzne. RSI mechanizmus s periódami 14 a 24 je ziskový na všetkých troch trhoch. Na slovenskom trhu je ziskový iba mechanizmus s periódou RSI 14. Na českom trhu je ziskový mechanizmus s periódou 14 a mierny zisk vykazuje aj mechanizmus s periódou 9. Mechanizmus s periódou 5 je stratový na českom aj slovenskom trhu. Naopak, na maďarskom trhu sú ziskové všetky tri periódy 5, 9 a 12.

## VI. ZÁVER

Nástupom liberalizácie sa zvýšila konkurencieschopnosť subjektov, ktorí dodávajú elektrickú energiu. Vzhľadom na to, že sa s elektrinou obchoduje ako s bežnými komoditami, upriamuje sa pozornosť na jej cenu a možný odhad vývoja ceny. Jedine koncovou cenou pre spotrebiteľa je možné vyhrať konkurenčný boj medzi dodávateľmi elektrickej energie. Dodávatelia nakupujú elektrickú energiu na burzách a pozorne sledujú vývoj cien elektrickej energie. Tento článok pojednáva o aplikácii mechanizmov predikcie ceny elektriny, ktorý je tvorený technickými indikátormi. Technické indikátory sú vypočítané na základe historických cien elektriny. Všetky mechanizmy popísané v tomto príspevku boli aplikované na obdobie od 4.1.2010 do 21.3.2014.

Z výsledkov mechanizmov je možné vyvodit' záver, že technické indikátory sú pri správnom nastavení nápomocné pri predikcii cien elektrickej energie. Avšak rôzne mechanizmy ukázali rôzne signály pre vstup a výstup. Je preto možné predpokladať, že ich kombináciou je možné filtrovať poklesy na krivkách profitov.

### POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied projektom VEGA 1/0388/13.

### LITERATÚRA

- [1] I. Chemišinec, M. Marvan, [et al.], "Obchod s elektrinou", Příbram: CONTE, s.r.o. 203s. ISBN 978-80-254-6695-7.
- [2] Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky, "Návrh energetickej politiky Slovenskej republiky" [online]. Bratislava: MHSR, 2013. Aktualizované 05.2013 [08-09-2013]. Dostupné na internete: <[www.economy.gov.sk/navrh-energetickej-politiky-sr](http://www.economy.gov.sk/navrh-energetickej-politiky-sr)>.
- [3] F. Janiček, [et. al.], "Model trhu s elektrinou", Bratislava, Renesans, s.r.o., 2009. 173 s. ISBN 978-80-89402-03-9).
- [4] I. Schulmeister, Igor, "Veľkoobchodný trh s elektrinou v strednej Európe", Diplomová práca, Vysoká škola ekonomická v Prahe, Praha, 2008. 78s.
- [5] Zákon č.229/1992 Sb. O komoditných burzách
- [6] Burzovní pravidla, Pravidla obchodovania, cit:[21.1.2014], dostupné na: <[http://www.pxe.cz/pxe\\_downloads/Rules\\_Regulation/Cz/PXE\\_pravidla\\_obchodovani\\_1309\\_01.pdf](http://www.pxe.cz/pxe_downloads/Rules_Regulation/Cz/PXE_pravidla_obchodovani_1309_01.pdf)>

- [7] J. Dědič, "Burza cenných papírů a komoditní burza", Praha : Prospektrum, 1992. 295 s., ISBN 80-85431-62-9.
- [8] O. Rejnuš, "Soudobý význam komodit při vztváření nových druhů finančních instrumentů (Strukturovaných produktů)", .In Sborník příspěvků ze 7. mezinárodní vědecké konference – Nové obchodovatelné komodity a jejich využití. 1 vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2007, s.35-41, ISBN 978-80-210-4432-6.
- [9] C. Andrieu, M.Fontela, B. Enacheanu, H. Pham, B. Raison, Distributed Network Architectures, European project CRISP, Deliverable D 1.7, 30 August 2005.
- [10] M. Pavlík, M. Kolcun, "Predikcia ceny elektriny na burze PXE použitím RSI a MACD indikátorov", In: Energetika. Vol. 64, no. 5 (2014), p. 279 - 281. - ISSN 0375-8842.
- [11] W. Wilder, "New Concepts in Technical Trading Systems", Trend Research. 1978, ISBN 978-0-89459-027-6.
- [12] R. Tóth, "Analýza trhu s elektrinou: Diplomová práca", Košice: TU FEI, 2014. 75 s.

### ADRESY AUTOROV

Alexander Mészáros, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [Alexander.Meszaros@tuke.sk](mailto:Alexander.Meszaros@tuke.sk)  
 Marek Pavlík, Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [Marek.Pavlik@tuke.sk](mailto:Marek.Pavlik@tuke.sk)  
 Roman Tóth, Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika