

# Obnoviteľné zdroje energie a riadenie spotrebičov

## Využitie smart technológií v energetike

Príspevok je zameraný na analýzu vplyvu obnoviteľných zdrojov energie na ustálené režimy energetickej sústavy a možnosti využitia smart technológií na zníženie vplyvu nerovnomernosti a rozptylu daných druhov energie na kvalitu dodávanej energie. Využívanie smart technológií vo forme aktívnych dynamických spotrebičov reagujúcich na stav siete umožní zníženie vplyvu dynamických nárazov spôsobených nerovnomernosťou obnoviteľných zdrojov (nárazy vetra, rýchla zmena osvetlenia slnečných kolektorov, zvýšenie množstva vody v prietokových elektrárnach) alebo aj zmenou stavu siete. Aktívna reakcia spotrebičov v závislosti od stavu siete zlepšuje ekonomické parametre výroby, prenosu, distribúcie a spotreby energie.

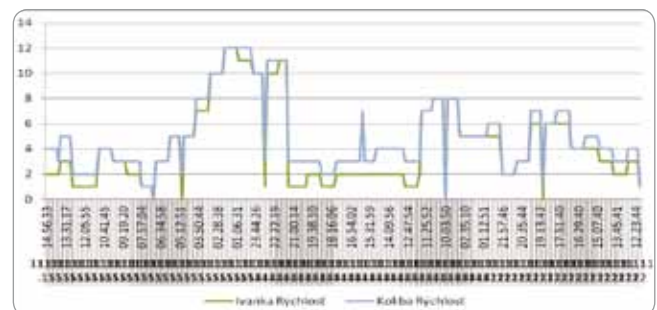
### Úvod do problematiky

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie má nesporne veľa výhod, ale prináša problémy vyplývajúce z ich nerovnomerného výkonu. Veľké rozdiely v intenzite vetra (obr. 1) v priebehu krátkeho časového intervalu môžu spôsobiť problémy v riadení celého elektrizačného systému v určitej oblasti. Nie je tajomstvom, že prudký závan vetra má za následok zvýšenie výroby energie, ktorý treba eliminovať zapnutím ďalších spotrebičov, znížením výkonu klasických tepelných alebo vodných elektrární či inými operatívnymi zásahmi do režimu siete. Podobná situácia nastáva aj pri zmene intenzity alebo smeru vetra. V prípade zníženia rýchlosti vetra v danej oblasti nastáva podobná situácia, len s tým rozdielom, že treba rýchlo zvýšiť výkon štandardných elektrární a/alebo znížiť spotrebu energie. Takéto časté dynamické zmeny majú za následok zvýšenú pravdepodobnosť vzniku porúch.

Existuje viacero možností zníženia vplyvu obnoviteľných zdrojov na režim systému. Jedným z nich je využívanie spotrebičov, ktoré majú viaceré snímače stavu siete a v závislosti od stavu siete sa zapínajú alebo vypínajú, pričom dodržiavajú základné režimy svojho využívania. Takýto režim činnosti vybraných spotrebičov môžeme považovať za režim inteligentných spotrebičov alebo ich možno označiť pojmom smart technológie.

Súčasná technológia umožňuje vytvoriť veľké množstvo inteligentných zariadení, ktoré budú reagovať na stav siete a tiež na stav

pripojeného spotrebiča. Na základe vnesených algoritmov budú adaptívne riadiť činnosť daných spotrebičov. Závisí vo veľkej miere od energetických spoločností, ako budú stimulovať svojich klientov, aby využívali navrhované smart technológie.



Obr. 1 Zmena rýchlosti vetra vo vybraných lokalitách

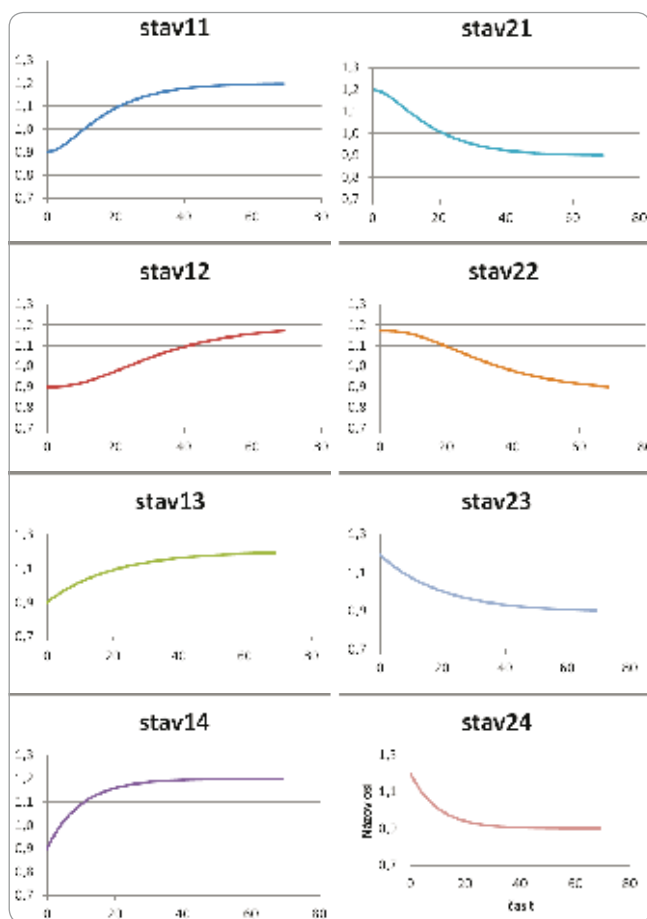
### Dynamické riadenie spotreby elektriny

Pri každej zmene záťaže elektrizačnej sústavy treba uskutočniť zmenu výroby elektrickej energie. Takáto zmena je nielen energeticky náročná, hlavne ak ide o zvýšenie výkonu, ale má za následok možné zníženie stability celého systému. V neposlednom rade vedie k zmene strát v distribučnej sústave a tým v mnohých prípadoch aj k zníženiu efektivity rozvodu elektrickej energie.

Alternatívnym spôsobom riadenia elektrizačnej sústavy je riadenie na strane spotrebiteľov. Nejde o dávno známy systém HDO, ktorý riadil odber niektorých podnikov pri nedostatku elektrickej energie hlavne v čase špičkového odberu. Navrhovaný systém umožňuje udržiavať nezmenený alebo pomaly sa meniaci režim na strane výroby pomocou veľkého množstva drobných spotrebiteľov. Okrem toho navrhovaný systém riadenia umožňuje dosiahnuť optimálny (najvyšší) pomer medzi vyrobenou energiou a stratami vo vedení pri zmene odberu zo strany niektorých odberateľov.

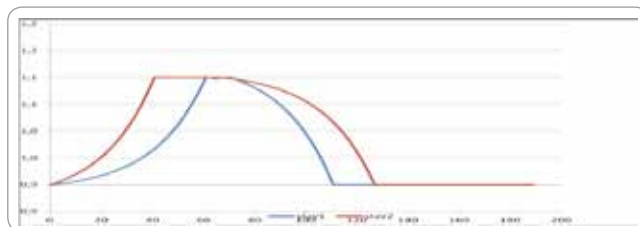
Pri riadení spotreby energie možno využívať spotrebiče, ktoré možno vypínať, resp. zapínať v určitých intervaloch. K takýmto spotrebičom patria rozličné tepelné zariadenia určené na ohrev teplej úžitkovej vody či vykurovanie, chladiace zariadenia a zariadenia na prípravu stlačeného vzduchu. K podobným spotrebičom možno priradiť napr. aj žehličku, varič vody, kávovar.

Na nasledujúcich obrázkoch (obr. 2) sú uvedené niektoré krivky zmeny stavu daných spotrebičov. Stav 1i označujú režim prechodu zo stavu min do stavu max, stavy 2i režim prechodu zo stavu max do stavu min. Takým režimom môže byť nahrievanie vody v zásobníku a jej následné ochladenie do dolnej hranice teploty. Pre rozličné spotrebiče môžu byť rozličné funkcie. Grafy ukázané na obrázku predstavujú niektoré vybrané typy.



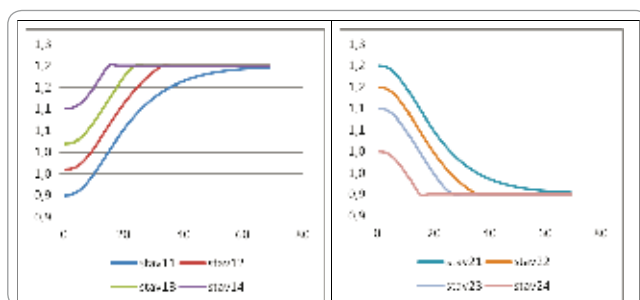
Obr. 2 Typy spotrebičov

Na základe predbežných výsledkov analýzy viacerých druhov spotrebičov možno predpokladať, že režim spotrebiča v čase jeho aktívneho využívania a relatívneho pokoja sa odlišujú. Typ krivky nábehu a poklesu môže byť podobný, ale sklon a rýchlosť zmeny sa menia. Na grafe (obr. 3) zobrazuje červená krivka zmenu stavu v čase malého využívania spotrebiča, modrá krivka v období aktívneho využívania. Takéto rozdiely môžu nastať napr. pri využívaní zariadenia na ohrev vody v rannom období, keď vodu používa väčšina členov domácnosti a v priebehu dňa len jeden alebo prebieha iba prirodzené ochladzovanie a dohrievanie na požadovanú teplotu. V tomto období je rýchlejší nábeh na maximálnu hodnotu a pomalšie prebieha ochladzovanie – zmena stavu. Zväčšuje sa tým disponibilný časový úsek aktívnej komutácie pri riadení odberu.



Obr. 3 Režim zmeny stavu spotrebiča

V procese riadenia spotrebiča nastáva situácia, keď sa komutácia spotrebiča (vypnutie alebo zopnutie) môže začať v ľubovoľnom stave. V normálnom režime stav zapnutia spotrebiča je rovnaký, napr. 0,9 násobok hodnoty priemernej veľičiny a vypnutie spotrebiča prebieha napr. pri 1,1 násobku priemernej hodnoty. Napríklad zopnutie spotrebiča sa uskutoční pri teplote vody 50 °C a vypnutie pri teplote vody 60 °C.

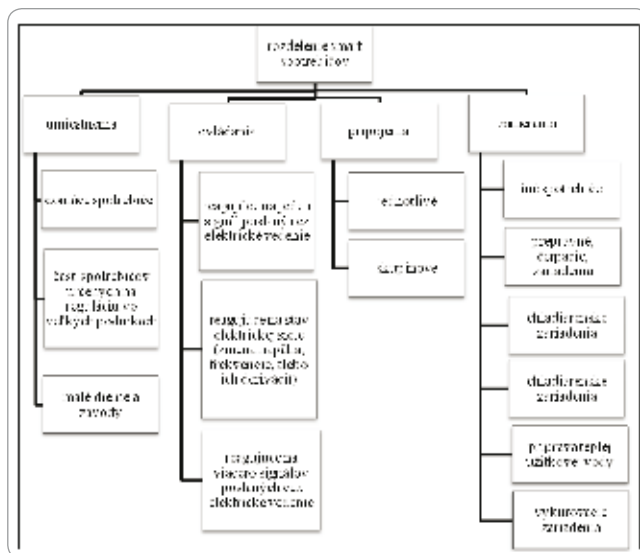


Obr. 4 Krivky nábehu a poklesu stavu spotrebiča v závislosti od začiatočného stavu

V niektorých prípadoch toto zopnutie nemusí nastať pri minimálnej hodnote a vypnutie pri maximálnej hodnote (obr. 4). Tento jav závisí od stavu siete a podrobnejšie ho opíšeme ďalej.

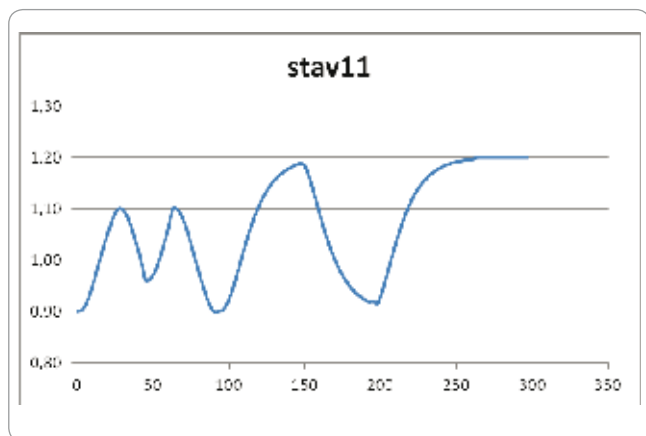
## Využitie smart technológií pri riadení spotreby

Pod smart technológiami (v tomto príspevku aj mnohých ďalších) rozumieme spotrebič, ktorý má snímače reagujúce na stav siete. Daný spotrebič teda reaguje na zmeny stavu siete. K spotrebičom, ktoré môžu mať takéto snímače – smart spotrebiče – možno zaradiť ohrievače vody či elektrické vykurovacie systémy. V určitých prípadoch k smart spotrebičom môžeme zaradiť chladničky aj mrazničky. Podrobnejší opis samotných smart spotrebičov bude uvedený v niektorých budúcich článkoch na danú tému. Inteligentné snímače reagujú hlavne na vybrané frekvencie siete, napätie v sieti, účinník a tiež ich derivácie. Presná reakcia týchto snímačov bude predmetom mnohých výskumov. Ovládané spotrebiče možno zaradiť do niekoľkých skupín (obr. 5) v závislosti od viacerých kritérií:



Obr. 5 Rozdelenie spotrebičov

Každý spotrebiteľ si môže vybrať, či si nainštaluje uvedené typy zariadení. Inštalácia takýchto zariadení nezmení jeho pohodu v tom zmysle, že by nedostal energiu včas a v požadovanej kvalite. Jednotlivé spotrebiče dokážu reagovať na požiadavky vyslané do siete alebo aj samy zisťujú stav siete a reagujú na ňu.

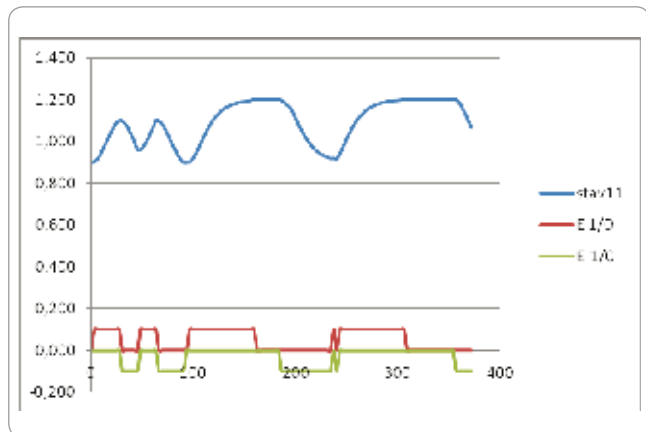


Obr. 6 Zmena stavu spotrebiča

Na obrázku (obr. 6) je uvedený graf priebehu stavu daného spotrebiča v závislosti od stavu siete. Ako vidieť, pri dosiahnutí minimálnej povolenej hodnoty sa spotrebič zapne a postupne začína prechádzať do hornej polohy. Avšak v dôsledku zníženia výkonu zdrojov sa spotrebič samostatne vypína a jeho stav sa blíži k dolnej hranici. V prípade, že to dovolí stav siete, znovu môže nastať komutácia spotrebiča. Ak dôjde v dôsledku stavu siete k vypnutiu spotrebiča a dosiahnutiu minimálnej hodnoty, spotrebič bude znovu zapnutý. Takýto režim sa opakuje až po dosiahnutí maximálneho stavu. Potom spotrebič postupne mení svoj stav v súlade s technologickým využitím.

### Využitie smart spotrebičov v sieti s obnoviteľnými zdrojmi

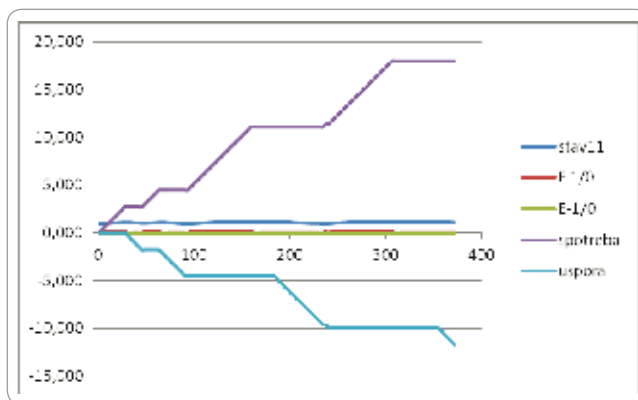
Pri zvýšenej dynamike stavu elektrickej siete v dôsledku meniaceho sa režimu výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov dochádza k automatickej komutácii veľkého množstva spotrebičov. Cieľom tejto komutácie je zmierniť veľké dynamické zmeny siete a udržať stabilitu siete pri dodržaní požiadaviek jednotlivých spotrebiteľov.



Obr. 7 Priebeh zmeny stavu spotrebiča a intervaly zopnutia energie alebo zníženia spotreby

V závislosti od režimu činnosti smart spotrebičov možno zvýšiť spotrebu energie zopnutím daného spotrebiča (E 1/0) alebo znížiť spotrebu v sieti vypnutím daného spotrebiča (E -1/0). Priebeh stavu siete a znázornenie možností zmeny odberu v sieti sú uvedené na grafe (obr. 7). V priebehu určitého časového úseku máme potom k dispozícii množstvo regulačnej energie z každého smart spotrebiča. Veľkosť tejto energie závisí od celkového príkonu daného spotrebiča, intervalu zmeny stavu spotrebiča, režimu nábehu a poklesu stavu siete. Jeden z príkladov takéhoto využitia spotrebiča je uvedený

v grafe smart energie (obr. 8), kde je možný priebeh odberu alebo úspor (zníženie odberu) energie.



Obr. 8 Disponibilné množstvo regulačnej energie

Regulačná energia predstavuje súčet energie každého smart prvku v priebehu využívania časti intervalu, keď môže byť prvok použitý.

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} P_i * dT_{i,j}$$

kde  $P_i$  je výkon daného spotrebiča,

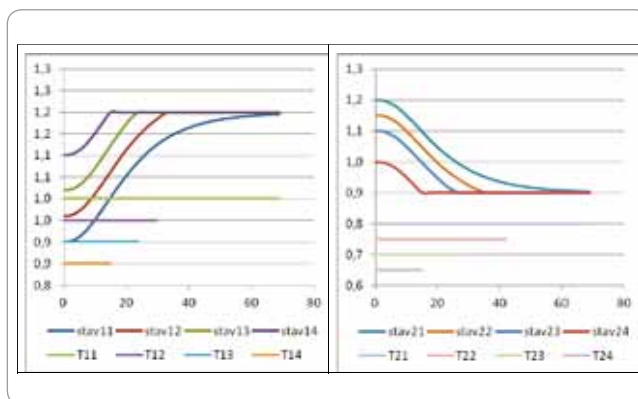
$dT_{i,j}$  – časť časového intervalu, počas ktorého môže byť spotrebič zapnutý alebo nútené vypnutý.

Veľkosť intervalu  $T$  závisí nielen od typu spotrebiča, ale aj od okamihu komutácie a stavu daného spotrebiča. Na nasledujúcom obrázku sú uvedené rozličné intervaly  $T_{1i}$  a  $T_{2i}$ , ktoré zodpovedajú rôznym spomínaným stavom spotrebiča. Pri výpočte disponibilného množstva regulačnej energie je nevyhnutné brať do úvahy stav každého spotrebiča v danom okamihu. Pri realizácii je však veľmi ťažké zistiť hodnotu stavu jednotlivých spotrebičov a tým aj presne určiť hodnotu regulačnej energie. Na analýzu režimov siete možno využívať pravdepodobnostné charakteristiky stavu spotrebiča a priemerné hodnoty času prechodu od stavu min do stavu max. Hodnoty pravdepodobnosti nadobudnutia určitého stavu sa môžu meniť aj v závislosti od obdobia ich merania.

$$dT_i = p_{i,j} * T_i$$

kde  $dT_i$  je hodnota disponibilného intervalu pre komutáciu  $i$ -ého spotrebiča,

$p_{i,j}$  – hodnota pravdepodobnosti dosiahnutia určitého stavu spotrebičom.

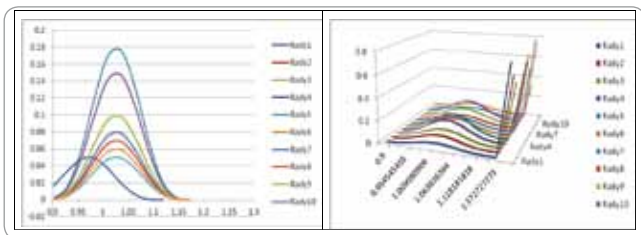


Obr. 9 Veľkosť intervalu  $T$  pri nábehu a poklese stavu

Hodnoty pravdepodobností stavu  $S_i$  pre vybrané časti dňa sú zobrazené v grafoch (obr. 10). Podrobný výpočet pre každý spotrebič umiestnený v jednotlivých častiach siete možno vykonať na základe zápisu stavu spotrebiča. Tieto stavy môžu byť snímané v priebehu činnosti siete a ukladané do vnútornej pamäte daného smart snímača.

Na riadenie systému v nábehovom režime možno využívať hodnoty  $T_i \max$  s tým, že súhrn výkonov smart spotrebičov vynásobených hodnotou  $T_i$  by mal byť väčší ako predpokladaná potrebná

regulačná energia. V prípade, že nie je k dispozícii dostatočný počet smart spotrebičov, je možno daný systém využívať na zníženie vplyvu obnoviteľných zdrojov energie v rozsahu, aký umožňujú zapojené smart spotrebiče



Obr. 10 Rozdelenie pravdepodobností stavov spotrebiča

## Záver

V danom príspevku sú uvedené niektoré smery využívania smart technológií na riadenie elektrizačného systému so zaradenými obnoviteľnými zdrojmi. Predpokladom úspešného riadenia je dostatok disponibilných spotrebičov a zdrojov, ktoré by svojou činnosťou reagovali na možnú zmenu výkonu obnoviteľných zdrojov. Obsah pojmu smart sa odlišuje od mnohých známych definícií, ktoré majú za úlohu monitorovať a následne riadiť spotrebu jedného subjektu. V budúcnosti treba analyzovať rozličné parametre elektrizačnej siete, na základe ktorých bude možné určiť stav siete a vytvoriť predpoklady aktívneho zaradenia smart spotrebičov do siete.

## Literatúra

[1] Kultán, J.: Vybrané aspekty využívania obnoviteľných zdrojov energie (Selected Aspects Of Renewable Energy Sources Exploitation). In: Zborník z 8. celoštátnej

konferencie s medzinárodnou účasťou Energetika – Ekológia – Ekonomika 2009, Vysoké Tatry, 27. – 29. mája 2009. ISBN 978-80-89402-08-3.

- [2] Kultán, J.: Model trhu s elektrinou. Ekonomické aspekty výroby, prenosu a distribúcie elektriny v Slovenskej republike. Bratislava: STU v Bratislave 2009. ISBN 978-80-89402-10-6.
- [3] Janiček F. a kol.: Dopady vplyvu nárastu výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov energie (OZE) vyvedených do distribučných sústav na prevádzkovateľa PS a účastníkov trhu s elektrinou. Bratislava: STU v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Zmluva o diele: 41/130/2008.
- [4] Janiček, F. – Kultán, J. – Korec, M. – Šedivý, J. – Šulc, J.: Obnoviteľné zdroje energie v podmienkach SR. In: Elektrotechnika, informatika a telekomunikácie, časopis pre elektrotechniku a energetiku, 2008, roč. 14, č. 10, s. 148 – 155.
- [5] Janiček, F. – Kultán, J. – Korec, M. – Šedivý, J. – Krondiak, E.: Obnoviteľné zdroje energie v podmienkach SR. In: Časopis EE, vol. 14, N°5/S, 2008, s. 148 – 155. ISSN1335-2547.
- [6] Harsanyi, L. – Oravec, L. – Kultán, J.: Mikropočítač v energodispečingu závodu. Zborník z 5. celoštátnej konferencie MIKROSYSTEM 87, Brno, 28. – 30. 9. 1987.
- [7] Bízík, J. – Harsanyi, L. – Kultán, J.: Vlivanie upravlenija potrebieniem električeskoj energii na jejo kačestvo. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie Jakosť energii elektriczej. Spala, Lodž, Poľsko, 25. – 27. 9. 1991, Tom II, s.153 – 157.

Ing. Jaroslav Kultán., PhD.

Ekonomická univerzita v Bratislave  
Fakulta hospodárskej informatiky