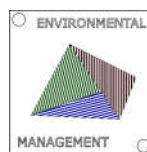


## BEZPEČNOSŤ PRI RIEŠENÍ PORUCHOVÝCH STAVOV V TRANSFORMOVNI

Mário NÁDASKÝ – Miroslav RUSKO

## SAFETY AT SOLVING SOME FAILURE CONDITIONS IN TRANSFORMER STATION



### ABSTRAKT

*S prevádzkovaním prenosovej sústavy je spojené aj riziko vzniku poruchových stavov, ktoré treba minimalizovať. Tieto riziká porovnali s doterajšími zavedenými bezpečnostnými opatreniami na transformovni. Na základe získaných informácií odporúčame aplikovať nové navrhované bezpečnostné opatrenia na základe, ktorých sa zvýši bezpečnosť pri práci na elektrických zariadeniach v transformovni Križovany, a tým aj bezpečné odstránenie poruchy a znovuoobnovenie bezporuchovej prevádzky.*

**KEÚČOVÉ SLOVÁ:** bezpečnosť, poruchové stavy, transformovňa, elektrické napätie, elektrina, prenosová sústava

### ABSTRACT

*With the operation of the transmission system there is also the risk of occurrence of some failure conditions, which must be minimized. These risks were compared with the existing security measures implemented at the transformer substation. Based on the information received, we recommend to apply new proposed safety measures, on the basis of which it will be increased safety at work on electrical devices used in the transformer substation, and thus also a safe removal of the fault and the reestablishment of the fault-free operation.*

**KEY WORDS:** safety, error conditions, transformer substation, voltage, electricity, transmission system

### ÚVOD

V rámci využívania elektrickej energie je potrebné zabezpečiť bezpečnú a bezporuchovú prevádzku všetkých elektrických zariadení, ktoré sa podieľajú nielen na výrobe elektrickej energie, ale aj na jej prenose a spotrebe. K zabezpečeniu bezporuchového chodu elektrizačnej sústavy patrí aj kvalitná údržba súčasne pri dodržaní všetkých bezpečnostných predpisov na jej bezpečné vykonanie.

Zvýšený dopyt v rámci výrobkov a služieb v spoločnosti je spôsobený čoraz vyššími nárokmi spoločnosti na uspokojenie svojich potrieb pre pohodlnejší životný štýl. V úzadí tohto pohodlného využívania elektriny je bezpečná a bezporuchová prevádzka všetkých elektrických zariadení, ktoré sa podieľajú nie len na výrobe elektriny, ale aj na jej prenose a spotrebe. [1]

Hlavným cieľom elektroenergetiky je spoľahlivá, bezpečná a ekonomicky efektívna prevádzka ES s minimálnym dopadom na životné prostredie. Tomuto cieľu sa podriaďujú všetky útvary zúčastnené na jej chode od výroby elektrickej energie a tepla, cez prenos a rozvod až ku konečnému užívateľovi.

Elektrizačná sústava zahŕňa výrobu, rozvod a využitie elektrickej energie. Do sústavy patria generátory v elektrárnach, rozvodný systém a spotrebiče elektrickej energie. Do rozvodného systému patria všetky zariadenia medzi výrobnami a spotrebičmi t. j. všetky vedenia, rozvodne a rozvádzače, transformačné a meniace stanice so všetkými meracími, kontrolnými, spínacími, regulačnými a ochrannými zariadeniami. Výhodou sústavy je spoločná rezerva výkonu pre celý systém, zvýšenie bezpečnosti prevádzky, možnosť lepšieho využitia výrobní a zvýšenie hospodárnosti sústavy ako celku. [2]

Dispečerský poriadok určuje pravidlá a podmienky na dispečerské riadenie prevádzky elektrizačnej sústavy na vymedzenom území, na časti vymedzeného územia a práva a povinnosti jednotlivých zložiek dispečerského riadenia na všetkých úrovniach. [3]

Distribučná sústava je súbor vzájomne prepojených elektrických vedení a elektroenergetických zariadení potrebných na distribúciu elektriny na časti vymedzeného územia; súčasťou distribučnej sústavy sú aj meracie, ochranné, riadiace, zabezpečovacie, informačné a telekomunikačné zariadenia potrebné na prevádzkovanie distribučnej sústavy; súčasťou distribučnej sústavy nie je elektrické vedenie a elektroenergetické zariadenie, s ktorým sa zabezpečuje preprava elektriny z územia členského štátu na vymedzené územie alebo na časť vymedzeného územia alebo z územia tretích krajín na vymedzené územie alebo na časť vymedzeného územia.[2]

Distribučná sústava (miestna 22kV/0,4kV) je sústava, do ktorej je pripojených viac ako 100 000 odberných miest. Distribučná sústava (regionálna 110kV/22kV) je sústava, do ktorej je pripojených viac ako 100 000 odberných miest.

Elektrizačná sústava zahŕňa výrobu, rozvod a využitie elektrickej energie. Do sústavy teda patria generátory v elektrárnach, rozvodný systém a spotrebiče elektrickej energie. Do rozvodného systému patria všetky zariadenia medzi výrobňami a spotrebičmi t. j. všetky vedenia, rozvodne a rozvádzače, transformačné a meniace stanice so všetkými meracími, kontrolnými, spínacími, regulačnými a ochrannými zariadeniami. [2]

Elektrická sieť je tvorená sústavou obvodov slúžiacich na napájanie elektrických zariadení, ktoré sú napájané z toho istého zdroja. Sieť nie je napájaná len prvotným zdrojom - nová sieť vzniká napríklad za transformátorom, ak je spoľahlivo oddelený izolačnou bariérou od napájacej sústavy. Siete môžu byť vytvorené pre všetky napäťové pásma. [4]

## 1 PRENOSOVÁ ELEKTRIZAČNÁ SÚSTAVA

Pod pojmom prenosová sústava rozumieme súhrn zariadení, ktoré umožňujú prenos elektrickej energie od zdrojov k spotrebičom. Prenosová sústava SR (obr. 1 a obr. 2) zabezpečuje prenos elektriny z výrobní do distribučnej siete a veľkým odberateľom na napäťovej úrovni 220 kV a 400 kV a čiastočne 110 kV (dodávka niektorým odberateľom). Cez vedenia a elektrické stanice prenosovej sústavy sa realizuje dovoz, vývoz a tranzit elektriny a jej presné meranie. Súčasťou prenosovej sústavy je dispečing prenosovej elektrizačnej sústavy SED (Slovenský elektroenergetický dispečing) a jeho technické zabezpečenie [5].



Obr. 1 Elektrizačná sústava SR [9]

Prenosová sústava je súbor vzájomne prepojených elektrických vedení a elektroenergetických zariadení potrebných na prenos elektriny a súbor vzájomne prepojených elektrických vedení a elektroenergetických zariadení potrebných na prepojenie prenosovej sústavy so sústavou mimo vymedzeného územia; súčasťou prenosovej sústavy sú aj meracie, ochranné, riadiace, zabezpečovacie, informačné a telekomunikačné zariadenia potrebné na prevádzkovanie prenosovej sústavy. [3]

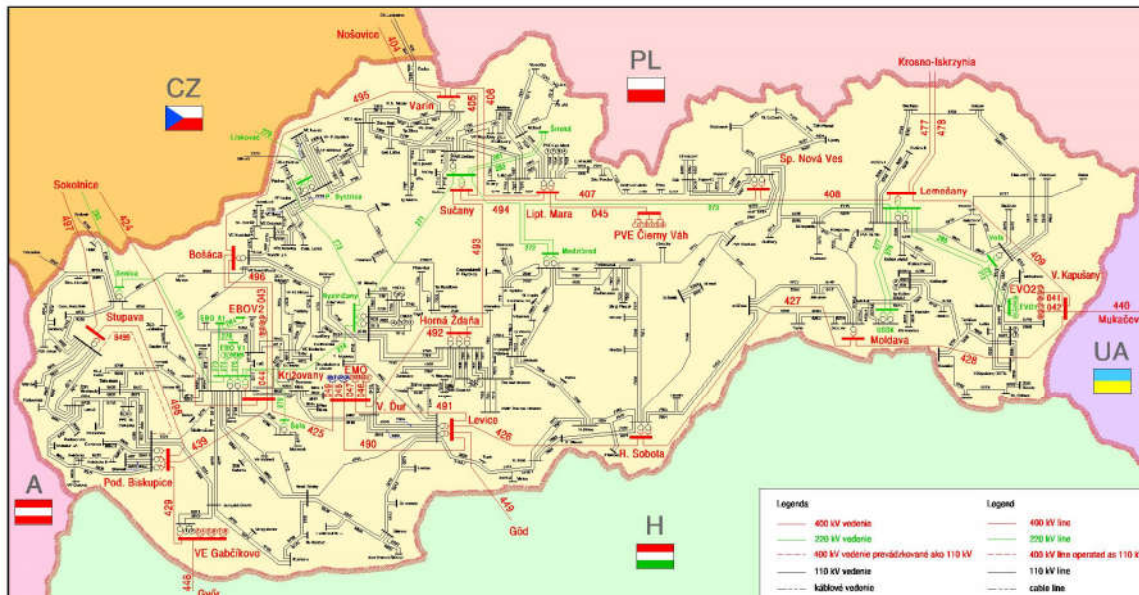
Dobrá prenosová sústava má spĺňať niekoľko podmienok:

- má byť bezpečná, t.j. nesmie byť príčinou úrazu ľudí a vzniku požiaru
- musí byť spoľahlivá, t.j. musí zaručiť prenos žiadaného výkonu na danú vzdialenosť
- úbytok napätia v sústave nesmie prekročiť predpísané hodnoty
- má byť hospodárna, t.j. stavebné a prevádzkové náklady (nevyužitá energia) majú byť vo vzájomnom súlade tak, aby celkové náklady boli čo najmenšie.

Na Slovensku máme dve napäťové úrovne, ktoré využívame v prenosovej sústave na prenos elektriny. Vyššia napäťová úroveň je 400 kV, ktorá sa stále rozširuje a budujú sa nové prenosové linky nižšej napäťovej úrovne 220kV, ktorá sa bude likvidovať, resp. prerábať na 400kV a približne v roku 2017 by mala existovať už iba 400kV úroveň prenosovej sústavy. Prenosová sústava SR nie je veľká čo do počtu vedení ale rozľahlosti územia dotknutého jej spoľahlivou prevádzkou. 400kV vedenia spájajú celú republiku do tzv. hlavného kruhu z Križoviec cez Bošácu - Varín - Sučany - Liptovskú Maru - SNV - Lemešany - V. Kapušany - Moldavu - Rimavskú Sobotu - Levice - V. Ďuru a späť do Križoviec. (obr. 1 a obr. 2)

Okrem vnútroštátneho prepojenia do kruhu je sústava prepojená aj nepriechom z L. Mary cez H. Ždaňu do V. Ďuru. Ďalšie priečne prepojenie sa v budúcnosti pripravuje medzi Lemešanmi a Moldavou s možným pokračovaním do Maďarska čím by vzniklo tranzitné spojenie sever - juh z Poľska cez Slovensko do Maďarska. 400kV sústava plne vyhovuje potrebám ES SR a preto sa s jej rozvojom počíta aj v budúcnosti. Takto prepojená 400kV sústava spĺňa kritérium spoľahlivosti N-1, kde pri výpadku jedného vedenia v trase spojenia odberné miesto je bez dopadu na obmedzenie spotreby zásobované z druhého vedenia. Výbežkové vedenia 400kV sa okrem vyvedenia výkonu z elektrárne Čierny Váh v ES SR neprevádzkujú. Toto vedenie bolo pre zvýšenie spoľahlivosti zásobovania postavené ako dvojité.

Pozdĺž SR takpovediac stredom „kruhu“ 400kV vedení prechádza vetva 220kV vedenia. Začína na hraniciach s ČR ako pokračovanie bývalej 220kV sústavy dvoma vetvami spájajúcimi sa v Bystriciach a končí vo Vojanoch. Južnejšia vetva 220kV vedenia tvorená V280 s pokračovaním V283 od Senice prechádza do Križoviec, kde je vyvedenie výkonu z dvoch blokov EBOV1, bloku V2 a bývalej A1. Severnejšia vetva je tvorená V270 a V275 od P. Bystrice so zaistením do Bystríc. Z tejto napäťovej hladiny je transformácia do 110kV sústavy v Križovianoch, Šali, P. Bystrici, Sučanoch, Medzibrodě, Lemešanoch, VSŽ a vo Vôli. Pre svoju spoľahlivosť a prenosové možnosti s rastúcimi požiadavkami na veľkosť dodávaného výkonu slúži viac-menej na zásobovanie priamych veľkoodberateľov ako sú Duslo Šaľa, OFZ Široká, Železiarne Podbrezová, VSŽ, PSA Citroën a podporu v mieste transformácie 400/220kV. [3]



Obr. 2 Elektrizácia sústava SR [8]

### 1.1 Medzištátne spojenie slovenskej ES so zahraničím

Česká republika je prepojená prostredníctvom priamej linky 424 z Križoviec do Sokolnic a z Varína do Nošovic po V404, nepriamo cez P. Biskupice a Stupavu po V497.



Vedenie V404 bolo zároveň tranzitným vedením pre zatiaľ jediné spojenie ES SR s ES Poľska cez ES Čiech. Od septembra 1998 k nemu pribudli dva 400kV vedenia V477 a V478 z Lemešian do Krosna. Tým došlo ku spojeniu východnej časti sústavy so zahraničím.

Spojenie s Maďarskou republikou je priamo z Levíc po V449 do Godu a z P. Biskupíc cez Gabčíkovo do Győr-u. S Ukrajinou je naša ES prepojená po V440 z V. Kapušian do Mukačeva kde pre ES SR vo vydelenej prevádzke pracujú dva 250MW bloky v elektrárni Burštín.

## 2 ROZVODNE A TRANSFORMOVNE

Prenášanie veľkých výkonov na veľké vzdialenosti pri vysokej hospodárnosti prenosu si vyžiadalo transformáciu elektriny na oveľa vyššie napätie ako sú menovité napätia generátorov. Miesto, kde sú sústredené rozvodne na dve alebo viac napätí s príslušnými transformátormi nazývame transformovňou. Rozvodne a transformovne sa najčastejšie nachádzajú spolu v jednom objekte a majú názov elektrická stanica.

Elektrické stanice rozdeľujeme podľa funkcie na:

- transformačné stanice
- spínacie stanice
- meniarne
- frekvenčné meniarne.

Transformačná stanica sa používa na premenu elektrickej energie na nižšie alebo vyššie napätie. Najmenej dva rozvodné systémy sú spojené jedným alebo viacerými transformátormi.

Spínacia stanica sa používa na rozvod elektrickej energie s rovnakým napätím. Staví sa v mieste sústredenia výkonu z viacerých výrobní, s cieľom využiť rezervné výkony a zabezpečenie dodávky elektrickej energie pre dôležité odberné miesta. V meniarňach sa mení striedavý prúd na jednosmerný, alebo naopak. Frekvenčná meniareň slúži na premenu striedavého prúdu jednej frekvencie na striedavý prúd inej frekvencie. Rozvodňa je hlavnou časťou elektrickej stanice. Tvoria ju prístroje, izolačné zariadenia a vodiče. Hlavnou časťou rozvodne sú prípojnice. Prípojnice tvoria elektrický uzol. Sú vyhotovené z medených alebo hliníkových pásov, tyčí, rúrok, profilov a lán. Upevnené sú na podperných alebo závesných izolátoroch. Dimenzujú sa tak, aby vydržali dynamické a tepelné namáhanie pri skrate. Prívod elektrickej energie na prípojnice, vývody a meranie energie sa vykonávajú pomocou odbočiek. Podľa účelu a funkcie majú odbočky svoje pomenovanie a charakteristické prístrojové vybavenie. [7]

## 3 PROBLEMATIKA BEZPEČNOSTI A KONTROLY NA TRANSFORMOVNI

Nakoľko prevažná časť zariadení v transformovni sú zariadenia VN, VVN alebo ZVN a sú vedené ako vyhradené elektrické zariadenia, tak na práce na takýchto zariadeniach sa vzťahujú špeciálne požiadavky, ako pri postupe údržby týchto zariadení tak aj na ich prevádzku zo strany dispečerov SED. Pre zaistenie vyššej bezpečnosti a kontroly všetky vykonávané práce v transformovni sú vykonávané formou B-príkazu. Práce, ktoré sa nevykonávajú formou B – príkazu na zariadenia VN, VVN alebo ZVN alebo v ich blízkosti, a sú to práce, ktoré sa často a v pravidelných intervaloch opakujú, musia byť obsiahnuté v MPP transformovne.

### 3.1 Bezpečnostné požiadavky na prácu a obsluhu na elektrických inštaláciách

Práce na elektrických inštaláciách v blízkosti častí pod napätím sú práce, pri ktorých sa pracovníci nedotýkajú živých častí pod napätím časťami tela ani predmetmi a nesmú sa priblížiť k nekrytým živým častiam na vzdialenosť menšiu, ako je uvedené v tab. 1. [6]

Tabuľka 1: STN 34 3100: 2001 Minimálna vzdialenosť od živých častí (mm)

| Menovité U(kV)  | Najvyššie U(kV) | Vnútna inštalácia (mm) | Vonkajšia inštalácia (mm) |
|-----------------|-----------------|------------------------|---------------------------|
| do 1 (vrátane)  | 1,2             | 350                    | 400                       |
| do 10 (vrátane) | 12              | 450                    | 500                       |
| 22              | 25              | 750                    | 800                       |
| 35              | 38,5            | 850                    | 900                       |
| 110             | 123             | 1400                   | 1500                      |
| 220             | 245             | 2300                   | 2500                      |
| 400             | 420             | 3500                   | 3600                      |

Pri prácach na elektrickej inštalácii v blízkosti živých častí pod napätím, ak sa nedajú dodržať vzdialenosti podľa tab. 1 - STN 34 3100: 2001 a elektrická inštalácia sa nedá z vážnych dôvodov odpojiť od napätia, je nevyhnutné dodržať redukované vzdialenosti podľa tab. 2 - STN 34 3100: 2001. Tieto práce musia vykonávať najmenej dve osoby, a to aspoň známa osoba pod dozorom znalej osoby s vyššou kvalifikáciou. [6]

*Tabuľka 2: STN 34 3100: 2001 Redukované minimálna vzdialenosť od živých častí (mm)*

| Menovité U(kV)  | Najvyššie U(kV) | Vnútna inštalácia (mm) | Vonkajšia inštalácia (mm) |
|-----------------|-----------------|------------------------|---------------------------|
| do 1 (vrátane)  | 1,2             | 150                    | 200                       |
| do 10 (vrátane) | 12              | 250                    | 300                       |
| 22              | 25              | 350                    | 400                       |
| 35              | 38,5            | 450                    | 500                       |
| 110             | 123             | 1000                   | 1100                      |
| 220             | 245             | 1900                   | 2100                      |
| 400             | 420             | 3100                   | 3200                      |

Ak sa nedá pri prácach elektrická inštalácia odpojiť od napätia a zaistiť alebo dodržať vzdialenosti a podmienky podľa tab. 1 a 2 - STN 34 3100: 2001, musia sa živé časti pod napätím zaistiť zábranami.

Zábrany sa rozdeľujú na trvalé a prenosné. Musia sa zhotoviť tak, aby chránili pracovníka pred nebezpečným priblížením alebo dotykom so živými časťami. K zábranám sa môžu pracovníci priblížiť pri práci alebo obsluhu až na dotyk.

Prenosné zábrany, ktoré sa dajú pripevniť spoľahlivým spôsobom a sú z dreva alebo z izolačného materiálu, sa môžu montovať vo vypnutom a zaistenom stave podľa tabuľky č. 3 - STN 34 3100: 2001.

Ak sú zábrany plné a z izolačného materiálu, ktorého prierné napätie je najmenej dvojnásobné ako menovité prevádzkové napätie, môžu sa montovať v inštaláciách do 35 kV vo vypnutom a zaistenom stave inštalácie podľa tab. 3 - STN 34 3100: 2001. [6]

*Tabuľka 3: STN 34 3100: 2001 Vzdialenosť zábran od živých častí v mm*

| Striedavé menovité napätie (kV) | Najvyššie striedavé dovolené napätie (kV) | Minimálna vzdialenosť (mm) |
|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| do 1                            | 1,2                                       | 50                         |
| 6                               | 7,2                                       | 130                        |
| 10                              | 12                                        | 160                        |
| 22                              | 25                                        | 250                        |
| 35                              | 38,5                                      | 350                        |

Ak došlo pri práci k poškodeniu ochranných pomôcok alebo elektrických zariadení, musia sa tieto pomôcky a zariadenia uviesť do bezpečného prevádzkyschopného stavu osobou s príslušnou kvalifikáciou. Do času, kým budú poškodené zariadenia a pomôcky uvedené do náležitého stavu, sa musí zaistiť bezpečnosť osôb aj majetku. Pri akýchkoľvek výnimočných stavoch pozorovaných na elektrických inštaláciách alebo na pracovných pomôckach sa musia práce ihneď prerušiť a pokračovať sa môže až po odstránení týchto nežiaducich stavov alebo po potvrdení, že tento stav nemôže ohroziť bezpečnosť osôb ani poškodiť zariadenia elektrickej inštalácie. [6]

## Záver

Dodržiavanie bezpečnostných opatrení, medzi ktoré patria príslušné interné smernice, príručky, pracovný poriadok, dodržiavanie normy STN 34 3100 a vyplývajúce opatrenia z analýzy nebezpečenstiev, ohrození a rizík vyplývajúcich z pracovného procesu a pridelených OOPP, vytvárajú vhodné podmienky aby boli dostačujúce pre zadané pracovné pozície na dodržanie bezpečnosti pri prácach vykonávaných v transformovni.

Ďalším nutným predpokladom zabezpečenia bezpečnosti je pravidelné prehodnocovanie a aktualizácia bezpečnostných opatrení, okrem iného tiež pri akomkoľvek novom zariadení nainštalovanom na transformovni

s cieľom identifikovať a eliminovať nové riziká, ohrozenia a nebezpečenstvá. Tieto nové nebezpečenstvá, ohrozenia a riziká po procese pripomienkovania je potrebné zaradiť do príslušných interných dokumentov a prevádzkových inštrukcií.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] KOLCUN, Michal - CHLADNÝ, Vladimír - MEŠTEK Marian a kol., 2006: *Energetika*. - Technická univerzita Košice ISBN -80-8073-704-5
- [2] *Elektroenergetika, Električná sústava*. - [on-line] Available on - URL: <http://www.oze.stuba.sk/wpcontent/themes/ObnovitelneZdrojeEnergie/elearning/EENERGETIKA/La-51.htm>>
- [3] *Dispečerský poriadok* – SEPS a.s. - [on-line] Available on - URL: [www.sepsas.sk/seps/DispecerskyPoriadok.asp?kod=396](http://www.sepsas.sk/seps/DispecerskyPoriadok.asp?kod=396)>
- [4] *Elektrické siete*. - [on-line] Available on - URL: [www.spseke.sk/web/kabinety/els/elsiete/elsiete.htm](http://www.spseke.sk/web/kabinety/els/elsiete/elsiete.htm)>
- [5] *Kódex prenosovej sústavy SR*. - [on-line] Available on - URL: <http://www.sepsas.sk/seps/Kodex.asp?kod=39>>
- [6] STN 34 3100: 2001 *Bezpečnostné požiadavky na obsluhu a prácu na elektrických zariadeniach*
- [7] NÁDASKÝ, Mário, 2016: *Bezpečnosť pri riešení poruchových stavov v transformovni Križovany*– Slovenská technická univerzita v Bratislave. Trnava: MTF STU, 73 s.
- [8] *Električná sústava SR*. - [on-line] Available on - URL: <http://www.oze.stuba.sk/wp-content/themes/ObnovitelneZdrojeEnergie/elearning/EENERGETIKA/La-51.htm><, [http://www.sepsas.sk/seps/images/schemasieta/ESS\\_2003\\_12.jpg](http://www.sepsas.sk/seps/images/schemasieta/ESS_2003_12.jpg)<
- [9] *Električná sústava SR*. - [on-line] Available on - URL: [https://www.google.sk/search?q=prenosov%C3%A1+s%C3%Bastava+mapa&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiEotu\\_rOTQAhXKJcAKHZZUAqYQ\\_AUICCGB&biw=1600&bih=804#imgdii=oXJu-xsolZ1APM%3A%3BoXJu-xsolZ1APM%3A%3BKHgSFKYgV7HK\\_M%3A&imgcr=oXJu-xsolZ1APM%3A](https://www.google.sk/search?q=prenosov%C3%A1+s%C3%Bastava+mapa&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiEotu_rOTQAhXKJcAKHZZUAqYQ_AUICCGB&biw=1600&bih=804#imgdii=oXJu-xsolZ1APM%3A%3BoXJu-xsolZ1APM%3A%3BKHgSFKYgV7HK_M%3A&imgcr=oXJu-xsolZ1APM%3A)

## ADRESY AUTOROV:

**Bc. Mário NÁDASKÝ,**

919 52 Dolné Dubové 86, Slovenská republika, e-mail: majcekn@gmail.com

**Doc. RNDr. Miroslav RUSKO, PhD.**

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: mirorusko@centrum.sk

## RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

## Review text in the conference proceedings

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.