LOKALIZÁCIA ZVÝŠENÉHO PRECHODOVÉHO ODPORU V OBVODE ELEKTROMOTORA 120 KW PROSTREDNÍCTVOM TERMOVÍZNEJ KAMERY

LOCATION INCREASED THE RESISTANCE IN THE CIRCUIT 120 KW ELECTRIC MOTOR THROUGH THERMOVISION CAMERA

Jozef Nemec[1], Iveta Marková[2], Ján Zelený[2]

[1] Ing. Jozef Nemec, PhD., Požiarnotechnický a expertízny ústav MV SR Bratislava, e-mail: jozefnemec@orangemail.sk

[2] doc. Ing. Iveta Marková, CSc., prof. Ing. Ján Zelený, CSc., Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, 974 01 Banská

Bystrica, e-mail: iveta.markova@umb.sk, jan.zeleny@umb.sk

Abstrakt: Environmentálny manažment má v svojej pôsobnosti riešenie problémov ochrany starostlivosti o prostredie. Súčasťou nášho prostredia je aj pracovné prostredie. V každom pracovnom prostredí je inštalovaná elektrická sieť. Príspevok sa zaoberá sledovaním vnútorného prechodového odporu vo vybranom elektrickom obvode vo výrobnej prevádzke s prašným prostredím.Prechodový odpor môže byť koreňovou príčinou vzniku požiaru nie len v dôsledku nedostatočnej technologickej disciplíny pri prechode elektrického prúdu vodičmi ale aj pri jednotlivých elektrických komponentoch. Sledovaním nárastu teploty prostredníctvom termovíznej kamery bol zistený mierny nárast teploty, pričom maximálne dosiahnutá teplota na poškodenom kontakte bola 115 ° C.

Kľúčové slová: Elektrický prechodový odpor, termovízna kamera.

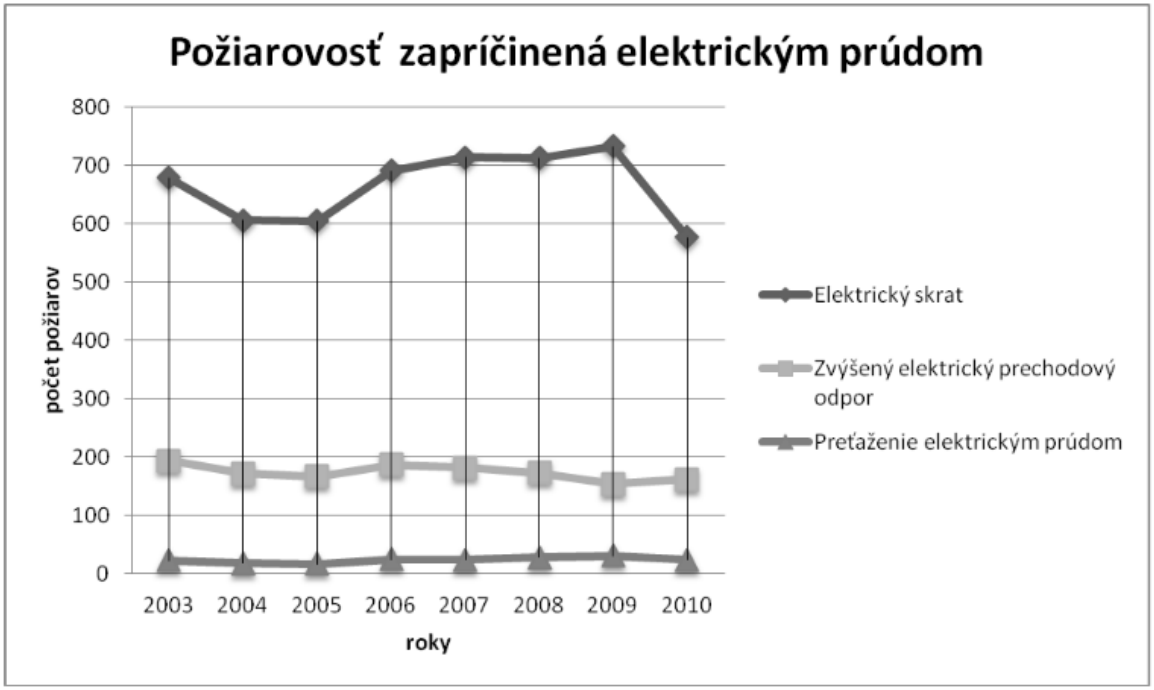
Abstract: Environmental management has in its scope of protection of care environment. As part of environment is a working environment. In any working environment is installed electrical system. The paper deals with the internal monitoring of contact resistance in the selected electrical circuit in chosen working place with dust environment. Contact resistance can be the root cause of the fire is not only due to lack of technological discipline for electrical field. Monitoring temperature rise at the contact points in series connection circuit. Show a slight increase in temperature, maximum temperature is reached the damaged contact was 115°C.

Key words: Electrical contact resistance, thermovision camera.

Úvod

Prechodový odpor je odpor, ktorý vzniká v spojoch vodičov. Väčšinou ide o nežiaduci jav, a preto sa ho snažíme minimalizovať (pričom je nutné akceptovať skutočnosť, že nie je možné ho úplne odstrániť). Je nutné akceptovať riziko súvisiace s prevádzkou elektrických obvodov. Existuje celá rada poruchových stavov vznikajúcich v elektrických obvodoch, ktorých dôsledok môže byť prehriatie ale aj požiar. Jedným z dôležitých faktorov pri odhaľovaní nebezpečných poruchových stavov v elektrických rozvodoch, je hľadanie zvýšeného prechodového odporu, ktorý by mohol mať dôsledok vznik, požiaru a teda aj ohrozenie života a zdravia človeka ako aj materiálnych strát (Obr 1).

Podľa štatistického sledovania sme zistili, že najčastejšou príčinou vzniku požiaru je elektrický skrat (Bártlová, Damec, 1999; Šrom, 2009), ktorý možno identifikovať (Tab 1), nakoľko jeho vznik je následkom mechanického spojenia dvoch alebo viacerých jadier vodičov alebo kontaktov (Nemec, 2011b). Zvýšený prechodový odpor z dôvodu, že jeho vznik neovplyvňuje mechanický alebo ľudský faktor, ale samotný pretekajúci prúd cez miesto nedokonalého spojenia možno považovať skrytú príčinu vzniku požiaru (Nemec, 2011b; Zpráva DVU, 2009). Často krát toto miesto zvýšeného prechodového elektrického odporu nemusí vôbec súvisieť s prevádzkou či technológiou. Takéto miesto je potrebné monitorovať včas identifikovať a odstrániť tento budúci poruchový stav. Zvýšený prechodový odpor je spôsobený stykom vodivých plôch, napríklad v svorkovniciach, zásuvkách, spínačoch, na kontaktoch spínacích zariadení a podobne. Poslednou príčinou je preťaženie elektrickým prúdom a prerušenie elektrického uzemnenia alebo zvodu. Pri týchto príčinách vzniku požiaru sa väčšinou nachádza obsluha a to je identifikovateľná príčina vzniku požiaru (Masařík, 2003).



Obr 1 Vybrané príčiny vzniku požiarov zapríčinené elektrickým prúdom v intervale 2003-2010
Fig 1 Selected causes of fires which are caused by electric current in the interval 2003-2010

Cieľom príspevku je prezentovať spôsob a možnosti sledovania zvýšeného prechodového odporu v obvode elektromotora vo vybranej prevádzke prostredníctvom termovíznej kamery.

Termovízne meranie

Termovízne meranie predstavuje bezkontaktný spôsob merania pomocou termovíznej kamery alebo akéhokoľvek bezdotykového teplomera. Pre uvedený účel merania je možné použiť akýkoľvek druh termovíznej kamery príslušného tepelného rozsahu. ide o meranie v

silnoprúdovej praxi, ako jeden zo spôsobov ako kvalitne zistiť prítomnosť stykových alebo prechodových odporov.

Meranie sa vykonáva s cieľom určiť miesta s rizikom vzniku poruchy vplyvom nadmerného oteplenia kontaktného spoja, ako aj s cieľom zistiť prehriatie a preťažovanie spínacích, istiacich a regulačných komponentov.

Podmienky merania termovíznou kamerou

Meranie oteplenia kontaktných spojov elektrických zariadení sa odporúča vykonať minimálne pri 50 % výkonovom zaťažení a merané miesto musí byť dostatočne dlhý čas prúdovo zaťažené z dôvodu dosiahnutia ,,ustáleného prevádzkového oteplenia“ (Nemec, 2011a).

Ak nie je možné zabezpečiť dostatočné zaťaženie, na stanovenie kvalifikačného stupňa je potrebné prepočítať teploty na 50 % prúdového zaťaženia podľa nasledovného postupu (Naivert, Kubánek, 2011):

$$\Delta T_{skut} = T_{nam} = T_{okolia} \tag{1}$$

$$\Delta T_{50\%zaťažen} = \Delta T_{skut} = \frac{I_{50\%zaťažen}}{I_{nam}^2} \tag{2}$$

V prípade, že zaťaženie je väčšie, prepočet sa nepoužíva. Prúdové zaťaženie sa odčíta z dostupných meraní alebo meracích prístrojov. Zaťaženie prvkov nízkeho napätia sa odčíta pomocou kliešťového ampérmetra (Naivert, Kubánek, 2011).

Spôsob vyhodnocovania merania termovíznou kamerou a následné opatrenia

Všeobecne platí, že svorka alebo kontaktný spoj, ktoré sú v poriadku, nemajú byť teplejšie ako napr. vodič, na ktorý sú pripojené. Spoje s vyššou teplotou, ako má pripojený vodič, sú klasifikované podľa oteplenia a naliehavosti odstránenia do troch klasifikačných stupňov (Tab 1). Pritom ΔT sa rozumie oteplenie svorky (spoja) v porovnaní s pripojeným vodičom.

V súčasnosti sa neuplatňuje v Slovenskej a Českej republike norma, ktorá by presne definovala spôsob, rozsah merania a vyhodnocovania termovízneho merania kontaktných spojov. V silnoprúdovej praxi sa v Českej republike používa spôsob vyhodnocovania, ktorý bol prevzatý zo Spolkovej republiky Nemecko – DIN VDE 0100. Ide o zavedený štandard, ktorý v Českej republike používa množstvo renomovaných servisných organizácií viac ako desaťročie. Danú skutočnosť sme využili v prípade merania termovíznou kamerou v pracovnom prostredí (Obr 3b).

Tab 1 Spôsob vyhodnocovania merania termovíznou kamerou (Naivert, Kubánek, 2011)
Tab 1 Way of evaluation of measurement thermovision camera (Naivert, Kubánek, 2011)

Stupeň klasifikácie	Teplotný rozdiel	Odporúčané opatrenie
A	ΔT < 5 °C	Sledovať a periodicky merať
B	T 5 °C – 30 °C	Chybu opraviť pri nižšej prevádzkovej prestávke
C	ΔT > 30 °C	Nebezpečenstvo havárie – nutná okamžitá oprava

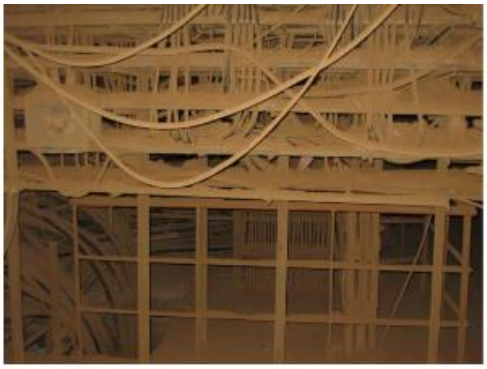
Pri vyhodnocovaní sa vždy prihliada na všetky namerané a zistené skutočnosti, ako napr. oteplenie kontaktov vplyvom elektrického výkonu, nesúmerného fázového zaťaženia, nepresnosťou, vplyvom výrazne rozdielnych emisivít meraných materiálov a podobne. (Emisivita je definovaná ako pomer intenzity vyžarovania reálneho telesa k intenzite vyžarovania absolútne čierneho telesa s rovnakou teplotou. Určuje tak schopnosť reálneho telesa vyžarovať teplo. Emisivita je bezrozmerná veličina. Emisivita absolútne čierneho telesa má hodnotu ϱ=1 a emisivita reálneho telesa ϱ ≤1) (Naivert, Kubánek, 2011).

Experimentálna časť

Meranie zvýšeného prechodového odporu bolo vykonávané v obvode elektromotora 120 kW termovíznou kamerou priamo v prevádzke – v priemyselných elektrorozvodniach, odkiaľsú napájané spotrebiče nízkeho napätia s vyšším prúdovým odberom.

Prevádzka bola vytipovaná podľa prostredia. Jednalo sa o vybranú drevoprevádzku prvostupňového spracovania dreva, kde sa tvoril drevný prach (Obr 2).





Obr 2 Elektromotor a jeho umiestnenie v drevoprevádzke
Fig 2 The electric motor and its location in working place with wood dust environment

Meranie bolo vykonávané termovíznou kamerou CAM FLIR (Obr 3b), priamo v elektrorozvodni na svorkách zberníc a kontaktoch nožových poistiek. Schéma merania je znázornená na obrázku 3a.

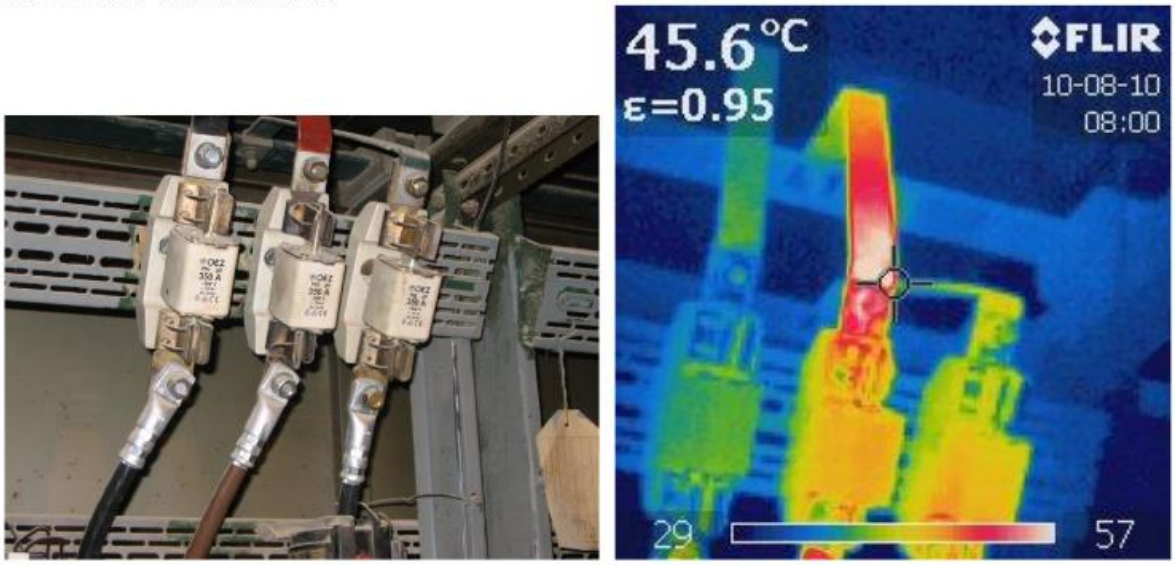


a) b)

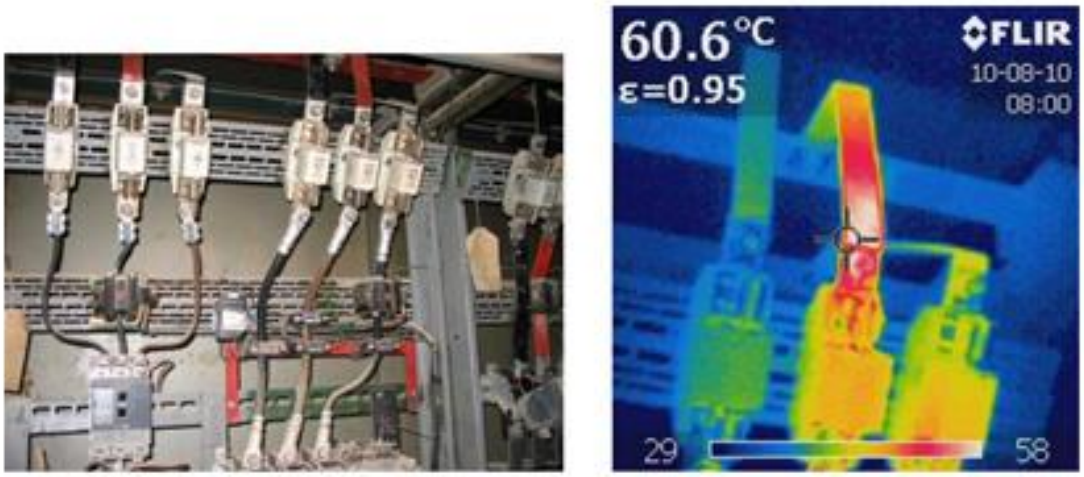
Obr 3 Meranie termovíznou kamerou
a) Schéma merania termovíznou kamerou
b) Použitá termovízna kamera na meranie zvýšeného prechodového odporu v elektromotore
Fig 3 Thermovision camera measurement
a) Schematic of thermovision camera measurement
b) Used infrared camera to measure of the increased transition resistance in the electric motor

Výsledky a diskusia

Pri meraní v čase rozbiehania elektromotora bola nameraná najnižšia teplota 42,9 °C a najvyššia 60,6 °C. Počas bežnej prevádzky bola nameraná najnižšia teplota 39,8 C a najvyššia 41,3 C. Meranie trvalo v časovom intervale 1 až 6 min. Namerané údaje sú uvedené v tab. 2 a prezentované na obrázku 4 a obrázku 5.



Obr 4 Vykonávané meranie v elektrorozvodni na svorkách zberníc a kontaktoch nožových poistiek
Fig 4 Performed measurement in switchboard room on terminals of bus and contacts of blade fuses



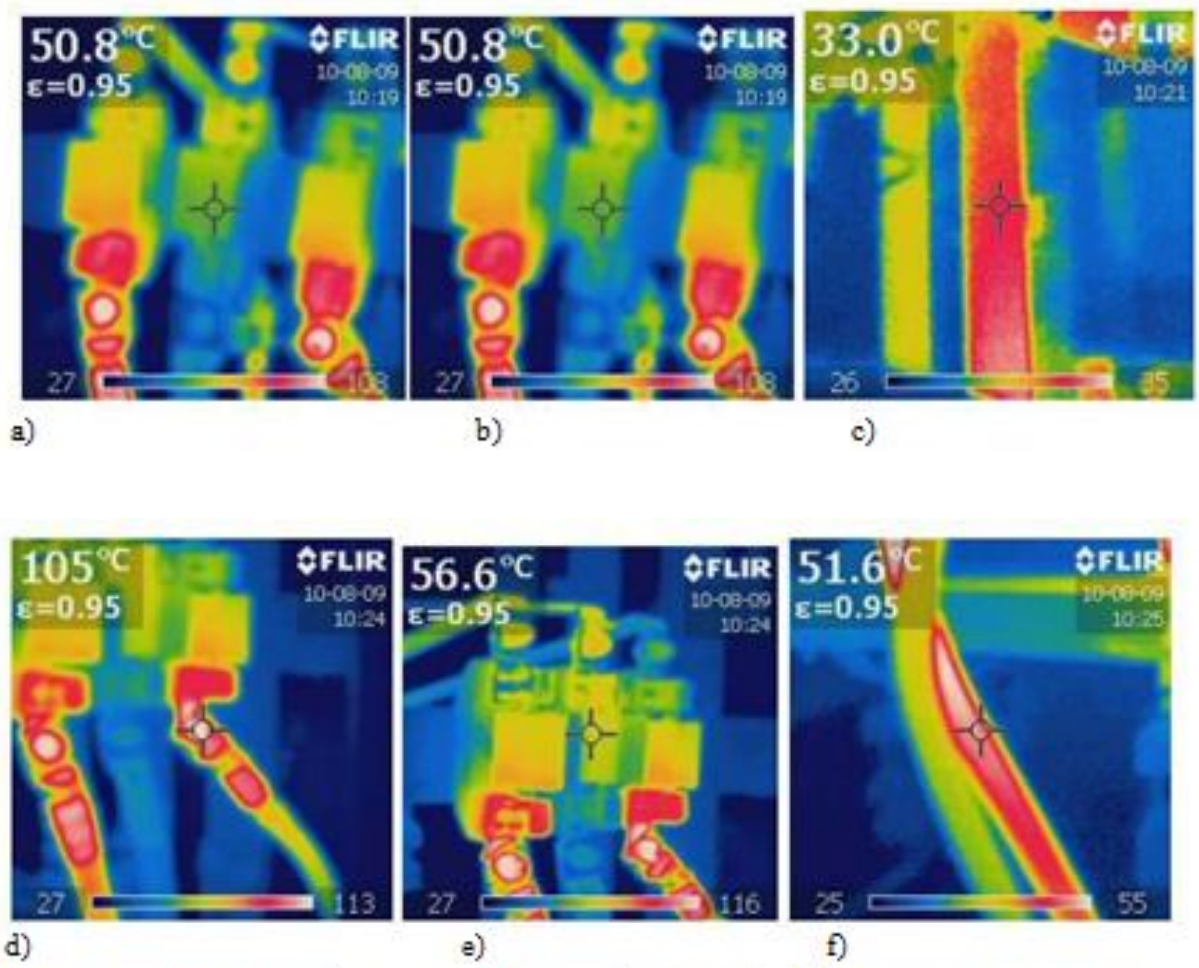
Obr 5 Vykonávané meranie v elektrorozvodni na svorkách zberníc a kontaktoch nožových poistiek
Fig 5 Performed measurement in switchboard room on terminals of bus and contacts of blade fuses

Tab 2 Meranie teploty termovíznou kamerou na svorkách zberníc napájaných 120 kW elektromotora
Tab 2 Thermovision camera temperature measurement at the terminals of bus powered 120 kW electric motor

Čas	Teplota pri rozbiehaní	A	Teplota počas prevádzky	A
1. min	42,9	150	39,8	150
2. min	45,6	150	41,3	150
3. min	58,4	150	39,9	150
6. min	60,6	150	39,8	150

Uvedené meranie jednoznačne dokumentuje existujúci vnútorný prechodový odpor. Úlohou praktických experimentov bolo poukázať na uvedené skutočnosti s cieľom odporučiť uvedený systém kontroly v technickej praxi.

Ukážky záberov z termovíznej kamery na jednotlivých elektroinštalačných komponentoch počas merania sú na obrázku 6.



Obr 6 Meranie teploty termovíznou kamerou na jednotlivých elektroinštalačných komponentoch.
a) Meranie teploty na telese nožovej poistky
b) Meranie teploty na telese nožovej poistky
c) Meranie teploty na zbernici
d) Meranie teploty na svorke nožovej poistky
e) Meranie teploty na telese nožovej poistky
f) Meranie teploty na izolovanom vodiči

Fig 6 Temperature thermovision camera at various wiring components.
a) Measurement of body temperature to blade fuses
b) Measurement of the temperature on the body of the blade fuses
c) Measurement of the temperature on the bus
d) Measurement of the temperature at terminal o blade fuses
e) Measurement of body temperature to blade fuses
f) Measurement of temperature on insulated line wire

Realizácia uvedených experimentov dokazuje trvalé prítomné riziko variability hodnôt prechodového odporu. Odborníci zaoberajúci sa preventívnymi opatreniami musia uvedenej skutočnosti venovať náležitú pozornosť. V rámci manažovania systémov bezpečnosti je nutné uvedenú skutočnosť akceptovať. V rámci vzniku neželanej udalosti, napr. požiaru je nutné akceptovať škody, s humánnym a environmentálnym dopadom.

Záver

Vytvorenou experimentálnou metódou:

- sme dokázali existenciu zvýšeného prechodového odporu na kontaktných plochách v sledovanom elektrickom obvode po jeho zámernom narušení,

-bol lokalizovaný nárast teploty v poškodených kontaktných plochách,

- nárast teploty bol sledovaný aj na neporušených plochách kontaktov ako dôsledok porušenia kontaktných plôch sériovo zapojených zariadení v elektrickom obvode.

V závere práce je nutné uviesť, že dĺžka prevádzky elektrických telies, má podstatný vplyv na zvýšenie teploty nedokonalého spoja (väčší prechodový odpor) a tým i zvýšenie pravdepodobnosti vzniku požiaru telies elektroinštalácie. Avšak uvedená skutočnosť nie je v príspevku zohľadnená. Cieľom príspevku bolo poukázať na existenciu zvýšeného prechodového odporu v dôsledku nábehu prevádzky a prevádzkovania elektroinštalácie vo vybranom pracovnom prostredí. V budúcnosti je nutné uvedený experiment zopakovať a rozšíriť o meranie teploty v dlhšom časovom úseku napr. v dĺžke 5 hodín (s krokom merania po pol hodine).

Literatúra

BARTLOVÁ, I. – DAMEC, J. 1999. *Prevence technologických zařízení*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inžýnerství v Ostrave 1999. 200 s. ISBN 80-86634-10-8.

KAPUSTNIAK, J. MONOŠI,M. 2011. Využívanie výškovej techniky pri evakuáci imobilných osôb. *SPRAVODAJCA Protipožiarna ochrana a záchranná služba*, 4/2011, s. 26-28. ISSN 1335-9975.

MASAŘÍK, I. 2003. *Plasty a jejich požární nebezpečí*. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inžýnerství v Ostrave, 2003. 183 s. ISBN 80-866634-16-7.

Metodika TUPO č. 15-010 "Zjišťovaní a měření přechodových odporů. Praha : MV-GŘ HZS ČR, Technický ústav PO, Praha 2010.

NAIVERT, R. – KUBÁNEK, M. 2011. Přechodový odpor alias "přechoďák". *Elektrotechnika v praxi*, 2011, roč. 21, č. 1-2, s. 64-67. ISSN 0862-9730.

NEMEC, J. 2011a. *Identifikácia a kvantifikácia zvýšeného elektrického prechodového odporu vo vybraných elektrických obvodoch*. Dizertačná práca. Zvolen : Technická univerzita, 2011. 124 s.

NEMEC, J. 2011b. Identifikácia a kvantifikácia zvýšeného elektrického prechodového odporu. 1. časť. *SPRAVODAJCA Protipožiarna ochrana a záchranná služba*, 4/2011, s. 14-18. ISSN 1335-9975.

NEMEC, J. – MARKOVÁ, I. 2010. Identifikácia prechodového odporu prostredníctvom merania teploty nepriamou metódou u vybraných elektrických spotrebičov. Časť 1. Jednoduchý elektrický obvod. *Požární ochrana* 2010. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství (v tlači).

ŠROM, I. 2009. *Zjišťovaní příčin vzniku požárů od elektrických iniciátorů*. Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. 72 s. ISBN 978-80-7385-073-9.

Zpráva o výsledcích řešení DVÚ č. 7 „Zjišťovaní příčin vzniku požáru a hodnocení nebezpečných účinku požáru na osoby, majetek a životní prostředí" v roce 2009.