

Elektrické stromečky – fenomén v elektroizolačních materiálech

doc. Ing. Pavel Trnka, Ph.D., Ing. Josef Pihera, Ph.D.,
Ing. Martin Širůček, Fakulta elektrotechnická ZČU v Plzni

Úvod

Izolace – elektrická izolace, tvoří jednu z nejdůležitějších součástí všech elektrických zařízení. Oddělením míst s různým potenciálem umožňuje funkci všech elektrických strojů, přístrojů a zařízení. Obecně bráný fakt, že elektrická izolace zabráňuje pohybu volných nosičů náboje, a izolaci tak neprotéká žádný proud, je ovšem pouze velmi zjednodušující předpoklad. V elektrotechnické praxi, kde se návrhem elektroizolačních materiálů zabývá řada pracovišť po celém světě, se řeší mnoho dílčích nebo komplexních problémů, které vyplývají z fyzikálních vlastností látek a materiálů. Uplatňuje se zde řada fyzikálních jevů, jako jsou absorpční a resorpční proudy, polarizace, vznik prostorového náboje, vnitřní vodivost materiálů, povrchová vodivost, plazivé proudy, částečné výboje a mnoho dalších. Jedním z problematických jevů, který významným způsobem ovlivňuje spolehlivost elektrických zařízení, jsou elektrické stromečky (*Electrical Treeing*). Elektrické stromečky jsou útvary stromovitěho nebo keřovitěho tvaru (odtud název), které vznikají uvnitř elektroizolačního materiálu. Jedná se o degradační jev, který může vést až k průrazu elektrické izolace, a to při jmenovitých hodnotách intenzity elektrického pole (jmenovitým napětí zařízení). S tímto jevem se setkáváme např. u vysokonapěťových kabelů.

V materiálu elektrické izolace vlivem působení elektrického pole *dostatečně* intenzity vznikají vodivé cesty – kanálky směrem k místu s jiným elektrickým potenciálem. Dostatečná intenzita elektrického pole pro vytvoření elektrického stromečku vzniká na místě „ostré hrany“. To může být například přimíšená nečistota v materiálu nebo i vniknuvší ostrý předmět. Na takovém místě pak vzniká i při jmenovitém napětí dostatečná intenzita elektrického pole pro lokální výbojovou činnost a ostatní jevy popsané dále. Dostatečná (kritická) hodnota intenzity elektrického pole je pro každý materiál jiná. Velikost intenzity elektrického pole na sledované „ostré hraně“ (hrotu) se řídí vztahem:

$$E = -\text{grad}\phi \text{ (V}\cdot\text{m}^{-1}\text{)}$$

Je tedy tím větší, čím je větší derivace potenciálu dle dané souřadnice v prostoru.

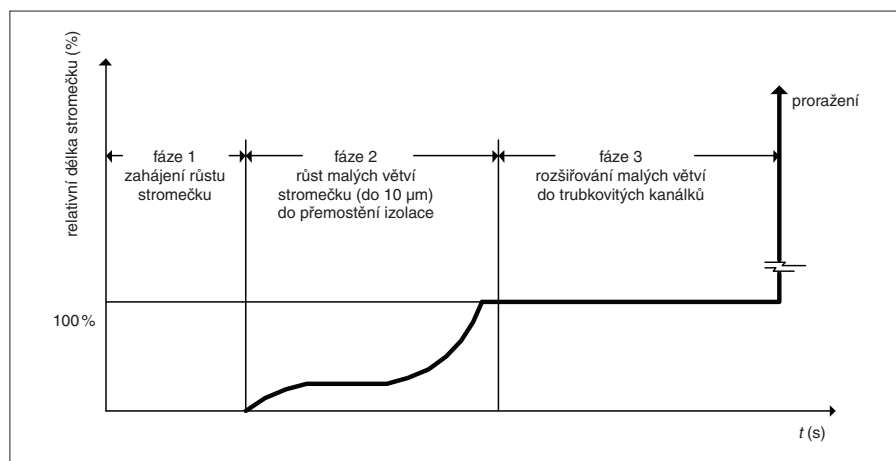
Stromečkovité kanálky mohou být duté (vyplněné plynem) nebo jsou tvořeny degradačními zplodinami, které vznikly rozkla-

dem materiálu elektrické izolace. Tyto zplodiny jsou často elektricky vodivé. V dutině větve elektrického stromečku může být přítomna i kapalina. Tato kapalina může do materiálu difundovat, zatékat z okolí nebo může vzniknout uvnitř materiálu jako produkt chemických reakcí spojených s degradací, způsobených elektrickým polem.

Mechanismů, ke kterým zde dochází, je velké množství a je třeba je zkoumat případ od případu. Tak např. v elektroizolačním materiálu, který obsahuje makromolekulární struktury postavené na uhlíkových řetězcích, zůstává jako reziduum po degradaci uhlík (C),

3. Aktivita částečných výbojů vedoucí k formování lokálních pevných produktů, jako jsou krystaly hydrátu kyseliny šťavelové.
4. Prostor zvětšený o koncečky krystalů vede k dalšímu zesílení lokálních částečných výbojů a je často vidět tvoření prohlubní. V těchto prohlubních začíná růst stromečku.
5. Růst stromečku vedoucí až k průrazu.

Zpočátku se chemické reakce odehrávají ve vlhkosti a v produktech odloučených ze vzduchu vlivem částečných výbojů. Výsledkem chemických reakcí jsou plynné, kapalné a pevné vedlejší produkty.



Obr. 1. Fáze růstu elektrického stromečku v izolaci [1], [2]

který vytváří druhotnou vodivost stromečkovitých struktur uvnitř materiálu.

Při vzniku stromečkovitých struktur hrají důležitou roli také částečné výboje. Částečnými výboji způsobená degradace dielektrik je následkem především dvou dějů: chemické degradace a fyzického ničení vlivem bombardování částicemi (ionty dusíku). Obecně přijatý proces stárnutí [4] je stručně popsán v následujících bodech:

1. Vodivost povrchu dutinky se zvyšuje probíhajícími reakčními mechanismy, působením vlhkosti a disociovaných produktů ze vzduchu. Povrchová vodivost se zvyšuje v krátkém čase po nastartování děje výbojové činnosti. Při bližším pozorování povrchu dutinky jsou často vidět kapénky.
2. Pozorovatelná povrchová hrubost následkem bombardování nosiči náboje a ukládáním produktů vzniklých působením částečných výbojů.

Plynné produkty: Garcíův výzkum [4] pomocí techniky plynové chromatografie, plyných produktů ve stárnoucí buňce XLPE (zesíťovaný – *Crosslinked Polyethylen*) vystavené činnosti částečných výbojů, objevil velké množství uhlíkových monoxidů a uhlíkových dioxidů a velmi malé množství vodíku. Další experiment na složení plynů v elektrickém stromečku, ve kterém byly vytvářeny částečné výboje, byl měřen spektroskopickou metodou. Plyny nalezené při tomto experimentu byly opět oxidy uhlíku a vodík.

Kapalné produkty: Garcia a kolektiv [4] ukázal, že kapénky na povrchu XLPE se tvoří pouze tehdy, obsahuje-li atmosféra vodu a je-li přítomný uhlíkový monoxid CO. Nalezené kapénky jsou směs jednoduchých organických sloučenin, jako kyselina mravenčí HCOOH , octová CH_3COOH a další karboxylové kyseliny (obecný vzorec RCOOH). Dále

Morshuis [4] ukázal, že jestliže jeden z prvků H, C nebo O není obsažen, žádné kapénky se neobjeví. Hudon [4] zkoumal kapénky tekutiny na povrchu epoxidu po působení částečných výbojů. Podstata těchto kapének byla shledána kyselá a iontovou chromatografií byl objeven glyoxylát, glycolát a formiát.

náročná kritéria výborných elektroizolačních vlastností (rezistivita, ztrátový činitel, permitivita, průrazné napětí atd.), ale musí také odolávat vnějším vlivům, jako je teplota, působení chemických látek, plyných exhalací, slunečního záření a mechanických namáhání. Aby bylo splněno základní kritérium

na zjevný ekvivalent, ovšem v odlišném měřítku, při vytváření např. atmosférického výboje. Růst elektrického stroměčku může být rozdělen do několika časových fází (obr. 1), které jsou obecně platné v různých elektroizolačních materiálech.

Fáze 1 nastává v okamžiku počátku růstu stroměčku a toto stádium se dá detekovat jenom velmi citlivou technikou.

Fáze 2 nastává po vytvoření první větve stroměčku. Z této první větve elektrického stroměčku pak rostou další malé větve směrem k uzemněné elektrodě. Tato fáze končí dosažením uzemněné elektrody elektrickým stroměčkem.

Průraz při dosažení první větve elektrody nenastává, protože malé větve mají tak malou vodivost, že proud jimi tekoucí je nedostatečný. Tyto malé větve mají v hlavních částech průměr menší než 10 μm a menší než 1 μm ve velmi tenkých špičkách [2].

Fáze 3 nastává v okamžiku prvního spojení elektrod a končí totálním průrazem dielektrika. V této části se stroměček rozvětňuje a rozšiřují se jeho kanálky na velikost větší než 10 μm . Tyto kanálky jsou již duté a jakmile jeden kontinuálně dutý kanálek dosáhne uzemněné elektrody, dochází k totálnímu průrazu dielektrika (obr. 2). Zmíněné kanálky zapříčiňují výboje o zdánlivém náboji mezi 50 až 220 pC [1].

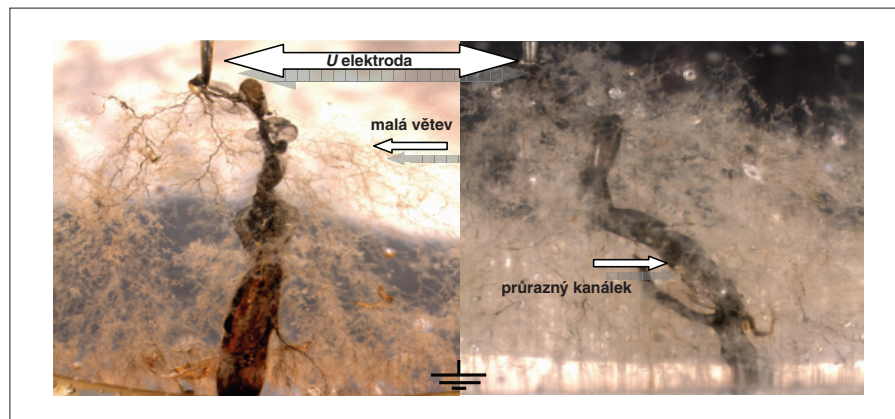
Na obr. 2 jsou vzorky na konci experimentu popsáném v dalším textu. Jsou zde dobře patrné jednotlivé větve elektrického stroměčku, které se vytvořily během expozice napětím. V horní části obrázku se nacházejí hroty, na které bylo přiváděno napětí. V dolní části byla umístěna zemnicí elektroda. Ve středu vzorků na obr. 2 je vidět výsledný průrazný kanálek.

Experiment

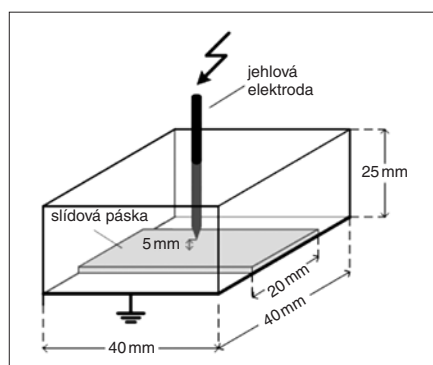
Předmětem experimentu bylo zjistit vliv izolačního materiálu – slídové pásky pro vysokonapěťové izolační systémy, na rychlost růstu elektrického stroměčku. Slídová páska byla použita jako dielektrická bariéra. Prostředím, kde stroměček vznikl, byla epoxidová pryskyřice. Transparentnost pryskyřice umožňuje dobrou pozorovatelnost růstu elektrických stroměčků.

Vzorky

Pro účely experimentu bylo vyrobeno deset vzorků (viz obr. 3 a obr. 4). Základem každého vzorku byla slídová páska, která byla zalita do epoxidové pryskyřice společně s hrotem, na který bylo přiváděno napětí. Hrot byl od slídové pásky vzdálen 5 mm (průměr



Obr. 2. Elektrické stroměčky v testovaných vzorcích



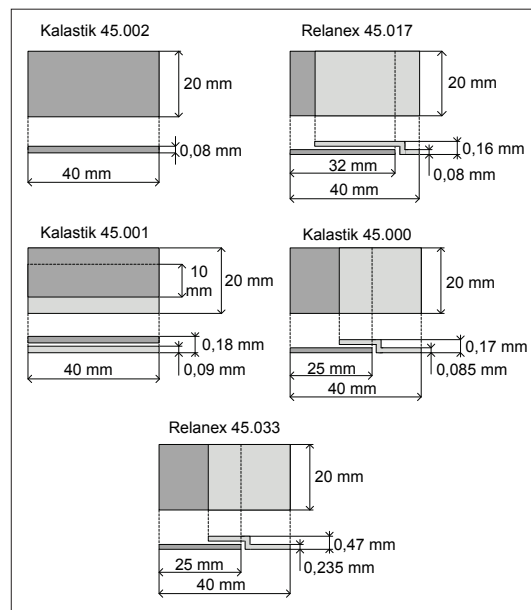
Obr. 3. Prostorové uspořádání experimentálního vzorku

Jeden z hlavních efektů při vytváření tekutých produktů je silné zvýšení povrchové vodivosti dutinek. Tento efekt je způsoben vznikem elektrolytické povrchové vrstvy – růst vodivosti o šest až sedm řádů [4].

Pevné produkty se objevují po několika stovkách hodin působení částečných výbojů. Pevné produkty mají tvar krystalu a jsou tvořeny např. hydrátem kyseliny šťavelové ($(\text{COOH})_2$). Je zřejmé, že krystaly vznikají z již dříve vytvořených kapének, které jsou krystalizovány v místech dopadu částečných výbojů. Krystaly byly nalezeny pouze v případě, že v prostředí byly přítomny prvky H, C a O.

Bezporuchovost

Na elektroizolační systémy jsou kladeny vysoké nároky z hlediska provozní spolehlivosti, protože na mnoha vysokonapěťových izolačních systémech závisí bezporuchový přenos elektrické energie do míst odběru (domácnosti, výrobní podniky, nemocnice atd.). Izolační systém musí splňovat nejen

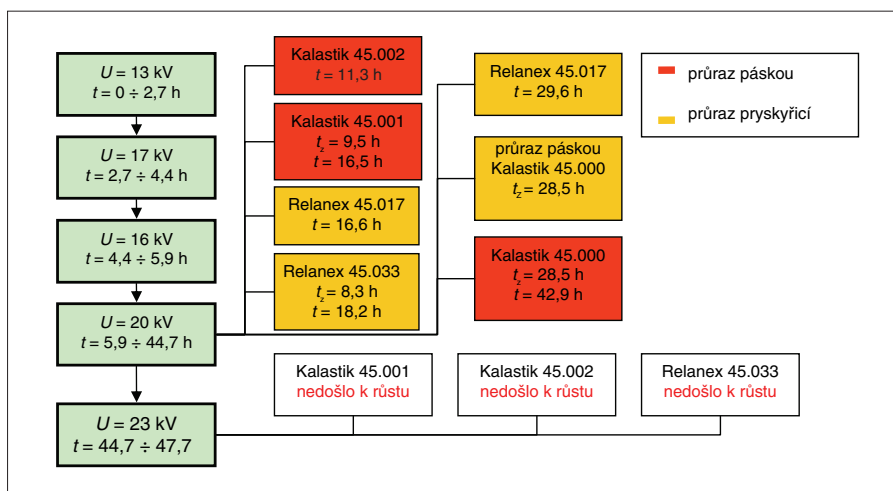


Obr. 4. Uspořádání testovaných izolačních pásek

spolehlivosti, je třeba se intenzivně věnovat studiu jednotlivých degračních mechanismů, které přicházejí u elektroizolačního materiálu v úvahu.

Modelový růst elektrických stroměčků

Růst elektrického stroměčku uvnitř izolace je nejčastěji popisován a modelován pomocí hrotu jehly a uzemněné elektrody, přiložených na krychličku epoxidové pryskyřice nebo zalitím do jejího objemu. Elektrický stroměček je vytvářen šířením vodivých cest elektroizolačním materiálem vlivem působení vnitřních částečných výbojů. Pozorovatelné vodivé cesty připomínají svým tvarem strom nebo keř. Zde je nutné upozornit

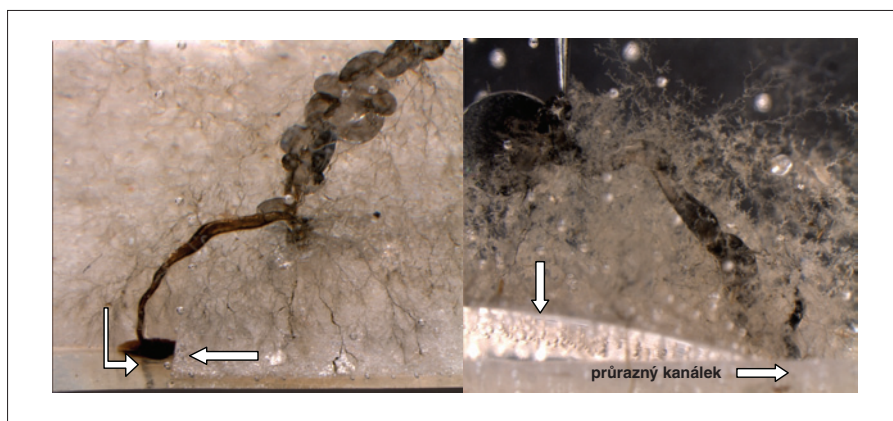


Obr. 5. Vývojový diagram průběhu experimentu

hrotu 0,4 mm, zkosení lineární od špičky do 1,9 mm délky). Použita byla maloviskózní zalévací elektrotechnická pryskyřice typu EC141 spolu s aminovým tužidlem W241. Obě složky byly důkladně promíchány pomocí magnetické míchačky v poměru 1:2 (260 ml EC141 a 130 ml W241). Takto vytvořená čirá epoxidová hmota byla vytvrzována za teploty 23 °C po dobu 46 h. Formu na vzorky tvořily k tomuto účelu vytvořené hliníkové formičky. Prostorové uspořádání experimentálního vzorku je uvedeno na obr. 3, uspořádání testovaných izolačních pásek na obr. 4.

(tj. četnost byla 2). Rozměr pásek byl zvolen 40 × 25 mm. Jednotlivé tloušťky izolačních pásek jsou uvedeny v tab. 1.

Veškeré namáhání vzorků bylo prováděno na zařízení pro řízenou degradaci vzorků do 24 kV/50 Hz umístěném v laboratořích Fakulty elektrotechnické ZČU v Plzni. Podrobný průběh experimentu je patrný z vývojového diagramu (obráz. 5). U každého materiálu je uveden čas průrazu t , popř. doba viditelného počátku růstu stroměčku t_z . Podbarvení plochy daného materiálu pásky v diagramu určuje, zda stroměček rostl materiálem bariéry a vedl tedy k průrazu pásky, nebo rostl po-



Obr. 6. Růst stroměčku směrem k zemnicí elektrodě (vlevo), směr růstu stroměčku k oblasti překrytí (vpravo)

Sledované materiály

Pro experiment bylo použito pět druhů slídivých pásek: Kalastik 45.000, Kalastik 45.001, Kalastik 45.002, Relanex 45.017 a Relanex 45.033 od výrobce Cogebi, a. s. Každá páska byla použita ve dvou vzorcích

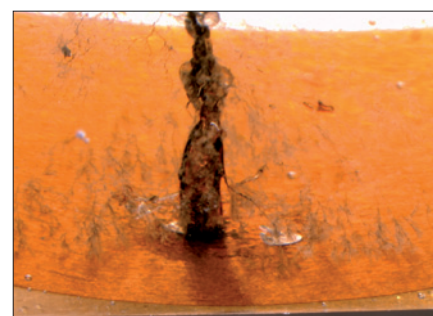
dél pásky a způsobil vodivé spojení se zemní elektrodou okolní pryskyřicí.

Jednalo se tedy o experiment, kde začátek růstu stroměčku byl iniciován zvýšením napětí přiváděného na vzorek. Obecně nelze stanovit pro příslušné napětí čas, při kterém elektrický stroměček vznikne, ani dobu do průra-

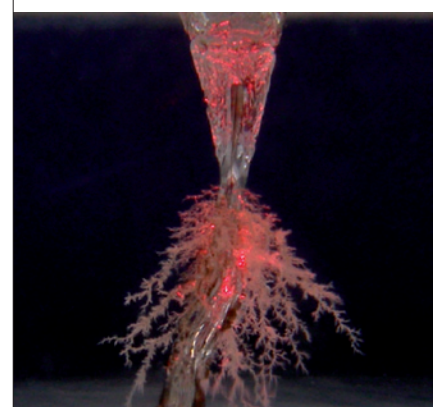
Tab. 1. Tloušťky pásek jednotlivých vzorků [3]

Materiál vzorku	Kalastik 45.000	Kalastik 45.001	Kalastik 45.002	Relanex 45.017	Relanex 45.033
Tloušťka materiálu (mm)	0,09 ^{*)}	0,09 ^{*)}	0,09	0,08 ^{*)}	0,235 ^{*)}

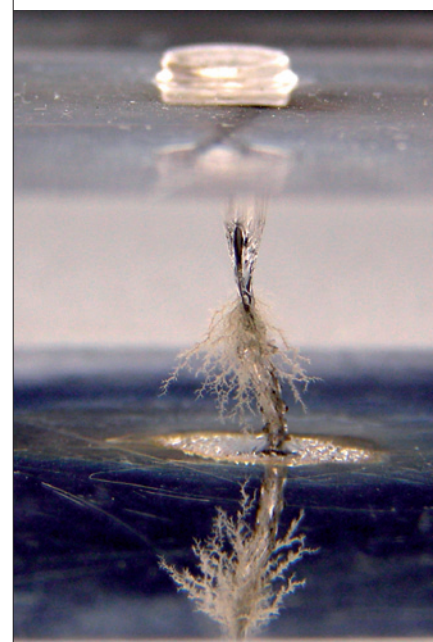
^{*)} Údaj udává poloviční překrytí pásky, viz obr. 4 – běžná metoda při výrobě izolačního systému např. točivého stroje. Důvodem bylo sjednocení rozměrů bariéry pro rozvoj elektrického stroměčku (rozdílná šířka pásek).



EC141 s páskou Kalastik 45.002



polymetylmetakrylát (PMMA (-CH₂C(CH₃)(COOCH₃)-)_n)



polymetylmetakrylát

Obr. 7. Ukázky elektrických stroměčků vzniklých v průběhu experimentu

zu elektroizolačního materiálu. Z praxe víme, že k růstu elektrického stroměčku dochází při jmenovitém napětí při normálním provozu elektrického zařízení. Jedná se tedy o značně nižší hodnotu napětí, než je pro materiál stanovené okamžité průrazné napětí U_p (kV). Vznik elektrických stroměčků byl při experimentu urychlen vyšší hodnotou přiloženého napětí. Zároveň byl shora omezen jednak

možnostmi zdroje pro dlouhodobé zkoušky, jednak velikostí vzorků. Cílem experimentu bylo prokázat schopnost izolačních pásek pro velké točivé stroje bránit šíření již vzniklého elektrického stromechu. Ten byl vyvolán právě v použité pryskyřici.

Zhodnocení experimentu

Provedený experiment potvrzuje předpoklad, že růst stromechu je druhem materiálu bariéry ovlivňován. Jedná se o první nahlédnutí do problematiky vzniku a šíření elektrických stromechů v izolačních páskách pro točivé stroje. Zatím není možné získané výsledky plně zobecnit. Na základě tohoto experimentu byly získány dílčí znalosti o vlivu materiálu (složení) bariéry na růst elektrického stromechu-

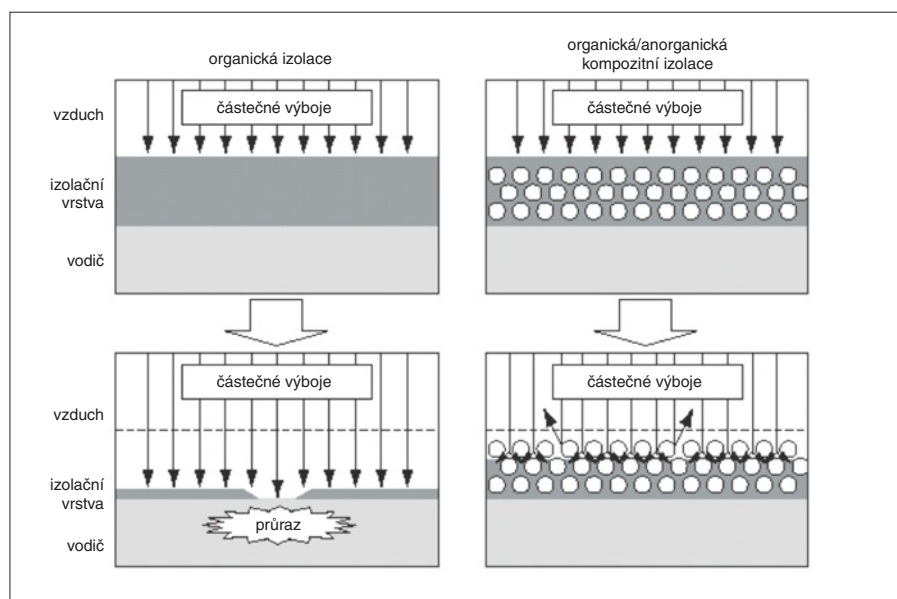
kde se průraz šířil pryskyřicí. Je to dáno jejich lepšími elektroizolačními vlastnostmi, resp. větší tloušťkou vrstev oproti vzorkům s Kalastikem 45.001 a 45.002, kde nastal průraz pásky relativně za krátkou dobu.

U třech vzorků nedošlo k růstu stromechů vůbec. Pro ostatní vzorky platí, že ca po deseti hodinách od viditelného začátku růstu stromechu t_z došlo k jejich průrazu.

Ukázka vlivu překrytí je uvedena na obr. 6. Obr. 7 obsahuje ukázky elektrických stromechů, které vznikly v průběhu experimentu.

Závěrečné diskuze – materiál odolávající částečným výbojům

Pro potlačení štěpení molekulárních řetězců materiálu při srážce s nabitými částice-



Obr. 8. Mechanismus potlačení eroze (převzato z [9])

ku. Ověřen byl vliv prostorového uspořádání, tvaru elektrody a tloušťky bariéry na „keřovitost“ elektrického stromechu. Dále byly zjištěny vhodné rozměry vzorku pro testovací napětí tak, aby mohl být na základě získaných dat postaven další experiment, jehož cílem budou vstupní informace pro konkrétní předpověď vzniku elektrického stromechu při daném napětí, rozměru elektrické izolace a tvaru elektrody („ostré hrany“ – viz úvod). Tento úkol bude značně složitý, jelikož se jedná o multi-dimenzionální úlohu, kde roli hraje přiložené napětí, resp. intenzita elektrického pole, geometrické uspořádání, tvar elektrody, struktura a složení elektroizolačního materiálu.

V průběhu experimentu bylo zjištěno, že čím větší je tloušťka materiálu bariéry, tím více se stromech větří (je keřovitý). Doba průrazu vzorku je poté závislá na vzdálenosti, kterou musí stromech urazit od napájecí elektrody k zemnicí elektrodě. Dle předloženého experimentu byly nejlepší výsledky z hlediska izolačních vlastností dosaženy s páskami Relanex obecně a Kalastik 45.000,

mi jsou používány příměsi z anorganických částic s vysokou intermolekulární vazební energií. Např. v případě lakového povrchu vodiče jsou používány částice oxidů kovů o velmi malé velikosti, řádově μm . Schéma tohoto způsobu potlačení eroze ochranného laku je na obr. 8. V anorganicko-organickém kompozitním materiálu prochází nabitá částice okolo anorganických složek a kolidují s organickým materiálem. V tomto případě je prodloužena *creeping* vzdálenost (nejkratší vzdálenost mezi dvěma body povrchu izolačního materiálu) a kolizní energie nabitých částic je významně snížena odrazem a rozptýlením. Díky těmto jevům je následně potlačena eroze izolačního materiálu. Další hledisko použití anorganických složek o velmi malé velikosti je možnost zvýšit plochu povrchu na jednotku hmotnosti, a tím napomoci ke značnému zvýšení *creeping* vzdálenosti. Snižováním diskrétní velikosti přídavných částic není zaručeno zlepšení finálních vlastností. Vyvstává zde problém dobré disperze částic v objemu materiálu [8].



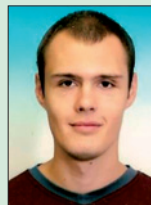
doc. Ing. Pavel Trnka, Ph.D., vystudoval Fakultu elektrotechnickou Západočeské univerzity v Plzni v oboru Průmyslová elektronika. V roce 2005 získal titul Ph.D. na stejné univerzitě. Od roku

2005 byl zaměstnancem Katedry technologií a měření ZČU FEL v Plzni. V letech 2002 až 2003 byl studentem na University of Applied Science, Fachhochschule, Regensburg, šest měsíců působil v oddělení výzkumu Maschinenfabrik Reinhausen. V letech 2006 až 2007 pracoval jako Postdoctoral Associate ve vysokonapěťové laboratoři ECE, Mississippi State University, MS, USA. V roce 2008 získal titul docent na Elektrotechnické fakultě Žilinské univerzity v Žilině. V současné době působí na Fakultě elektrotechnické ZČU v Plzni jako výzkumný pracovník a proděkan. Je spoluřešitelem výzkumného záměru MSM 4977751310 a projektu MPO. Je řešitelem projektu Nadace ČEZ. Jeho oblastí zájmu jsou degradační procesy v elektroizolačních systémech. Je členem několika mezinárodních vědeckých organizací včetně IEEE.



Ing. Josef Pihera, Ph.D., vystudoval Fakultu elektrotechnickou Západočeské univerzity v Plzni v oboru Komerční elektrotechnika. V roce 2005 získal na stejné univerzitě titul Ph.D. Od roku 2005

byl zaměstnancem Katedry technologií a měření ZČU FEL v Plzni. V roce 2002 byl studentem na University of Applied Science, Fachhochschule, Regensburg. V současné době působí na Fakultě elektrotechnické ZČU v Plzni jako tajemník katedry pro vědu. Je spoluřešitelem výzkumného záměru MSM 4977751310, projektu MPO a projektu Nadace ČEZ. Jeho oblastí zájmu je problematika částečných výbojů, degradace elektroizolačních systémů a dielektrické spektroskopie.



Ing. Martin Širůček úspěšně ukončil magisterské studium v oboru Komerční elektrotechnika na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni. V současné době studuje na této

fakultě, konkrétně na Katedře technologií a měření, doktorský studijní program Elektrotechnika a informatika. Jako téma disertační práce si zvolil Zlepšování parametrů výkonových transformátorů. Oblast jeho zájmů je degradace izolačních systémů spolu se způsoby zlepšování jejich parametrů.

An electrical insulation system plays a key role in the electrical appliances. Insulating systems of high power high voltage appliances are in the centre of the attention in the terms of the reliability. This is in the relation with observing of the possible degradation mechanisms. One of the observed mechanisms is electrical treeing. Electrical treeing causing electrical breakdown of the insulation by the lower voltages than is the regular breakdown voltage. Cases are known, when an electrical treeing on the rated voltage level caused the electrical breakdown of an appliance. Typical example is electrical treeing in the insulating systems of high voltage cables. Presented paper is concerned on the problem of electrical treeing in polymer materials and insulating tapes for rotary machines.

Obecně lze zvyšovat odolnost materiálu proti částečným výbojům zvyšováním obsahu anorganické složky, ale bohužel na úkor snížení mechanické pevnosti.

Poděkování

Práce vznikla v rámci řešení výzkumného zá-
měru MSM 4977751310 – Diagnostika in-
teraktivních dějů v elektrotechnice řešeného
na pracovišti autorů.

Literatura

- [1] VOGELSANG R. – FRUTH B. et. al.: *Detection of electrical tree propagation by partial discharge measurements*. European Transactions on Electrical Power. Volume 15, Issue 3, s. 271–284.
- [2] MENTLÍK V. a kol.: *Diagnostika elektrických zařízení*. BEN, Praha 2008, ISBN 978-80-7300-232-9.
- [3] Materiály firmy Cogebi, a. s., <http://www.cogebi.com>

- [4] PETER H. – MORSHUIS F.: *Degradation of Solid Dielectrics due to Internal Partial Discharge*. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 12, No. 5, October 2005.
- [5] VOGELSANG R. – FRUTH. et. al.: *Detection of electrical tree propagation by partial discharge measurements*. European Transactions on Electrical Power. ETEP. 15, pp. 1–14, (DOI: 10.1002/ietep.60), John Wiley & Sons, Ltd., 2005.
- [6] MENTLÍK V.: *Dielektrické prvky a systémy*. BEN – Technická literatura, ISBN 80-7300-189-6, Praha 2006.
- [7] DISSADO A. L. – FOTHERGILL C. J.: *Electrical Degradation and Breakdown in Polymers*. IET, ISBN 0-86341-196-7, Stevenage 1992.
- [8] <http://www.eeh.ee.ethz.ch>
- [9] KIKUCHI H. – YUKIMORI Y. – ITONAGA S.: *Inverter-Surge-Resistant Enameled Wire Based on Nano-composite Insulating Material*. Hitachi Cable Review, No. 21, 2002.

Ročenka Elektro 2010

novinka

Praha, FCC Public, 320 stran, formát A6, vazba V2, cena 110 Kč



V ročence Elektro 2010 lze nalézt kromě přehledu odborných veletrhů, výročí slavných osobností vědy a techniky, seznamu úřadů a institucí či adresáře ČKAIT také např. základní jednotky, konstanty a elektrotechnické vzorce, jakož i neaktuálnější informace o nových elektrotechnických normách. S normami souvisí bezpečnost, které je věnována pátá kapitola. Jak je to s aktivním hromosvodem ESE nebo jaké mohou být následky nesprávně projektované ochrany před bleskem, to se čtenář může dočíst v kapitole šesté. Problémem modernizace instalací z TN-C na TN-S se zabývá podrobně článek sedmé kapitoly. Přehled o moderním pojetí pohonů lze získat v kapitole osmé. Do hlubin elektrotechniky duše se může čtenář podívat v kapitole deváté. Zelené energii, konkrétně biomase je věnována kapitola desátá a následující kapitola jedenáctá pojednává velmi zasvěceně o neionizujícím záření a jeho vlivu na lidské zdraví. Ročenka je určena technikům, konstruktérům, projektantům, elektromontérům, pracovníkům údržby, revizním technikům, pracovníkům obchodně-technických služeb a všem zájemcům o aktuální informace z oblasti elektrotechniky.

Ročenka Elektro 2010 vyjde začátkem února 2010 a lze si ji objednat telefonicky na čísle 286 583 011, e-mailem na adrese: public@fccgroup.cz, prostřednictvím internetu <http://www.odbornecasopisy.cz> nebo poštou na adrese vydavatelství: FCC Public, Pod Vodárenskou věží 4, 182 08 Praha 8

Elektrika.cz
elektrotechnika každý den

Elektrika.tv

ELECTROTIMES

kutit. **elektrika.cz**



Multimediální jednička v elektrotechnice

Více informací o společnosti: www.elektrika.INFO
Možnosti propagace: +420 910 100 105

SEMINÁŘE A ŠKOLENÍ VZDĚLÁVACÍ AGENTURY CB-EL

Doškolení a přezkoušení revizních techniků elektrických zařízení
za účelem prodloužení platnosti osvědčení ITI Praha.

Místo: Centrum celoživotního vzdělávání Domu Kultury Milevsko **Termín:** leden, únor 2010
Informace a přihlášky na: cb-el@seznam.cz, nebo tel. 603 72 68 47